ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 FÉVRIER 1925.

PRÉSIDENCE DE M. E.-L. BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Destruction de la bombe calorimétrique de Berthelot. Son remplacement par une bombe d'un type nouveau.* Note de M. **Ch. Moureu**.

1. Le 16 décembre 1918, la bombe calorimétrique du Collège de France construite par Berthelot en 1885, éclatait au cours d'expériences entreprises, pendant la guerre, sur des réactions violentes à allure explosive.

L'explosion eut lieu dans mon laboratoire, et, par un heureux concours de circonstances, elle ne causa aucun accident de personne. Mais quelques minutes auparavant je tenais la bombe entre les mains....

La bombe de Berthelot, si souvent décrite, était, comme on le sait, composée de trois parties : le corps, la tête et le couvercle d'acier. C'est ce dernier qui avait cédé, et, entraînant la tête, il avait été se loger dans le plafond du laboratoire, à plus de 5^m au-dessus de la table de travail, qui, elle, avait été écrasée par le corps de la bombe.

La destruction de la bombe du Collège de France était une perte sensible pour la Science française.

Sortie la première des études de Berthelot et de Vieille, elle avait été employée pendant plus de trente ans, par des générations de thermochimistes, à la détermination des chaleurs de combustion, et, au moment où elle disparaissait, elle était encore, malgré les glorieux souvenirs qui s'attachaient à son long passé, un incomparable instrument de travail. Heureusement elle avait servi de modèle à un petit nombre d'autres bombes calorimétriques, qui se trouvent réparties dans quelques laboratoires de France et de l'Étranger.

Il y a en particulier, à l'heure actuelle, une bombe de tous points semblable à l'ancienne bombe du Collège de France, dans le laboratoire de M. Daniel Berthelot, à Meudon. Elle fait partie depuis longtemps du laboratoire modèle de thermochimie qu'avait autrefois créé Marcelin Berthelot, et elle a servi au maître et à ses élèves pour la détermination d'un grand nombre de chaleurs de combustion.

2. Les études thermochimiques ont repris depuis quelques années une importance nouvelle. Les publications sur les chaleurs de combustion se sont faites en ces derniers temps plus nombreuses et les déterminations plus précises. Il n'était donc pas possible de laisser le laboratoire de Marcelin Berthelot, où avaient été déterminées la plupart des chaleurs de combustion connues, privé de bombe calorimétrique.

J'ai donc pris la résolution de remplacer l'instrument disparu.

Mais à ce moment s'est présenté un problème d'un ordre nouveau. La bombe de Berthelot a un revêtement de platine très épais, pesant dans son ensemble 1300^g environ. Or, tandis qu'à l'époque où Berthelot avait établi les plans de son appareil le platine coûtait un peu moins cher que l'or, au moment, au contraire, où furent entreprises les études pour la construction d'une bombe nouvelle, le platine coûtait beaucoup plus cher que l'or. Une bombe exactement semblable à l'ancienne aurait exigé une dépense si considérable que son acquisition aurait été rendue impossible à la plupart de nos laboratoires.

Au lieu donc de me borner à faire reproduire purement et simplement l'ancien modèle (et cette solution eût été certes la plus commode) j'ai considéré comme un devoir de consacrer efforts et ressources à la création d'un type nouveau de bombe, ayant les mêmes avantages que celle de Berthelot, mais d'un prix beaucoup moins élevé.

J'ai eu la bonne fortune, pour mener cette œuvre à bien, de pouvoir m'assurer le concours de l'un des héritiers de la pensée de Marcelin Berthelot, Philippe Landrieu, dont le nom fait autorité en thermochimie (1).

La description complète de la nouvelle bombe ne saurait trouver sa place ici. Je me bornerai donc à donner sommairement ses constantes principales :

Le revêtement intérieur en platine, qui seul est réellement inattaquable

---

(1) Je crois devoir rappeler que la dernière publication de Berthelot fut une Note de thermochimie, présentée à l'Académie quelques jours avant sa mort, et qui portait, à côté de celle du maître, la signature de son collaborateur Philippe Landrieu.

au cours des combustions et donne une sécurité complète, fut conservé, et l'on s'efforça de diminuer la quantité de platine employée.

Nous fûmes ainsi amenés à rejeter la forme donnée par Berthelot à la fermeture de sa bombe : au lieu d'une tête ajustée par frottement, fermeture qui nécessite l'emploi d'un poids important de platine, on eut recours à une fermeture avec joint de plomb et collerette.

A la suite de longs tâtonnements, au cours desquels se produisirent quelques accidents (dont l'un fut assez grave), le diamètre de l'ouverture fut notablement réduit, afin de diminuer les effets de la pression sur le couvercle. Le corps de la nouvelle bombe n'a plus comme celui de l'ancienne une forme cylindrique, mais la forme d'une bouteille à large goulot.

La réduction de la quantité de platine employée, due à la modification de la fermeture, n'étant pas encore suffisante, on chercha à diminuer le poids du métal précieux qui sert au revêtement du corps, et, pour cela, on remplaça l'ancien revêtement formé d'une feuille de platine épaisse par un revêtement composé de trois couches intimement unies, soit $\frac{2}{10}$ de millimètre de platine, $\frac{4}{10}$ de millimètre d'or et $\frac{4}{10}$ de millimètre de cuivre, le tout soigneusement laminé en une feuille unique exactement appliquée sur le corps de la bombe.

On obtient ainsi un revêtement épais et résistant, qui, grâce à la couche de cuivre, se soude parfaitement à l'acier (ce qu'on n'aurait pu obtenir directement avec l'or), et qui, grâce à la couche de platine renforcée par une couche d'or épaisse, donne un revêtement complètement inattaquable. La quantité de platine fut ainsi réduite dans une très forte proportion, puisque la nouvelle bombe n'en contient plus que 128^g au lieu de 1300^g, soit environ dix fois moins.

La nouvelle bombe, qui dans la série des essais porte le n° 3, est actuellement en service dans mon laboratoire du Collège de France.

Elle a jusqu'ici servi à la détermination de plus de 100 chaleurs de combustion, et je puis dire qu'elle nous a donné entière satisfaction, tant par sa résistance que par ses facilités de manipulation.

3. Ces études sur la construction et l'emploi d'une nouvelle bombe nous ont naturellement conduits à un travail d'ensemble sur les méthodes calorimétriques.

Celles-ci ont été perfectionnées, les calorimètres ont été modifiés, pour diminuer les échanges de chaleur avec l'extérieur et réduire au minimum les corrections, jusqu'ici incertaines, de refroidissement et de réchauffement. Un outillage perfectionné fonctionne à l'heure actuelle dans

mon laboratoire; il permet de déterminer les constantes calorimétriques avec la précision du millième.

J'espère ainsi que le laboratoire de thermochimie du Collège de France, qui du vivant de Marcelin Berthelot fut le véritable centre des études thermochimiques dans le Monde, va retrouver une part de son activité, et qu'il reprendra bientôt sa place à côté des grands laboratoires étrangers qui, sur le terrain de la calorimétrie, l'avaient un moment dépassé.

En présentant à l'Académie le Tome 5 du *Catalogue photographique du Ciel* (*zone de Paris*) M. B. **Baillaud**, directeur de l'Observatoire de Paris, signale qu'il ne reste plus à imprimer que deux volumes de cette série : le Tome 6 contiendra les clichés compris entre les déclinaisons 19° et 21°; sa rédaction est terminée. Le Tome 7 (déclinaisons entre 18° et 20°) est en élaboration; un quart environ de ces clichés sont mesurés et tout autorise à penser que les mesures seront terminées en 1926.

Le présent volume a été préparé sous la direction de M. I. **Lagarde**, astronome titulaire, chef du Bureau des Calculs et du service des mesures, qui en a rédigé l'Introduction. Il contient les positions de 61 076 étoiles, avec les coordonnées moyennes pour 1900 des étoiles de repère et les éléments provisoires des clichés.

A la fin du volume se trouvent, comme dans les volumes précédents, des Tables de M. Pourteau pour la transformation des coordonnées rectilignes en coordonnées polaires. On y trouve aussi une Étude sur les trois échelles de grandeur du Catalogue photographique, zone de Paris, due à M. Jules Baillaud, chef du service photographique, à Mlle J. Clavier et Mlle Lhommé; ces échelles sont comparées à l'échelle internationale; la discussion montre que les magnitudes des dernières étoiles photographiées dépassent en général la $12^e,5$ sur les clichés du Catalogue et atteignent la 15e sur ceux de la Carte. Dans l'étude de la précision des évaluations de grandeurs sur les clichés du Catalogue, on a utilisé des comparaisons très étendues faites par M. G. Demetresco, puis par M. Maneng entre les magnitudes attribuées à une même étoile sur différents clichés. En particulier, M. Maneng a comparé nos clichés des zones 23° et 24° dans la Voie lactée.

Un des résultats généraux du mémoire est que, dans l'ensemble, les magnitudes tirées du Catalogue International, non seulement pour les zones de Paris, mais aussi ailleurs, s'accordent à deux dixièmes de magnitude près; mais il y a sur certains clichés une très forte proportion d'étoiles dont

on ne pourrait déterminer les différences de magnitudes avec une erreur inférieure à 0,5 et beaucoup pour lesquelles cette erreur dépasserait une grandeur. Une cause d'erreur grave, aussi bien dans les clichés d'Harvard que dans ceux de Paris, pourrait se trouver dans des inégalités de sensibilité sur une même plaque.

Nous tenons à remercier pour leur concours la maison Gauthier-Villars qui a imprimé les cinq premières feuilles de ce volume et la maison Barnéoud, de Laval, qui a imprimé tout le reste.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **L. Lindet** est élu membre de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques en remplacement de M. *L. Maquenne*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. **Max Ringelmann** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par le décès de M. *L. Maquenne*.

M. **Paul Camboué** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Historical-mathematical Paris, by David Eugene Smith. (Présenté par M. J. Hadamard.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de Dirichlet généralisé ; équations non linéaires à m variables.* Note de M. **Georges Giraud.**

Les résultats contenus dans ma dernière Note ([1]) appellent quelques compléments et une rectification.

Tout d'abord, la méthode d'approximations successives qui conduit à la solution du problème de Dirichlet, pour des données au contour suffisamment voisines de zéro, suppose seulement, dans tous les cas (et non pas seulement dans le seul cas où $F'_u < 0$), que la *mesure* du domaine auquel on l'applique est assez petite, sans qu'il soit nécessaire de supposer ce domaine petit dans toutes ses dimensions.

Pour le théorème sur la dérivabilité indéfinie des solutions, on peut remarquer qu'il existe des cas en quelque sorte intermédiaires, où l'énoncé se simplifie d'une manière autre que celles qui ont été annoncées. En peu de de mots, il suffit d'admettre des dérivées continues pour celles des dérivées secondes de u qui figurent dans les dérivées partielles de F par rapport à

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2}, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2}, \quad \ldots, \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x_m^2}.$$

Dans la démonstration du théorème sur l'analyticité des solutions, il suffit d'annuler en O la fonction $V - u_0$ et ses dérivées jusqu'au second ordre seulement.

La démonstration indiquée du théorème sur le prolongement analytique des solutions à travers un contour S comporte en réalité une hypothèse plus restrictive que celle que je dois m'excuser d'avoir donnée d'abord : on doit supposer que les dérivées quatrièmes de U sont bornées sur S.

Si l'on compare ces résultats à ceux qu'a obtenus, pour $m = 2$, par une voie bien différente (quoique ayant son origine, comme la méthode actuelle, dans les travaux de M. Picard), M. Serge Bernsteiu ([2]), on constate qu'il y a concordance pour l'énoncé du théorème général sur l'analyticité. Au contraire, pour le théorème sur le prolongement analytique, M. Bernstein ne fait aucune hypothèse sur les dérivées d'ordre supérieur au second. Il y

---

([1]) Georges Giraud, *Comptes rendus*, t. **180**, 1925, p. 413.

([2]) Serge Bernstein, *Thèses de l'Université de Paris*, 1904 ; *Mathematische Annalen*, t. **62**, 1906, p. 253, et t. **69**, 1910, p. 82 ; *Annales scient. Éc. Norm. sup.*, 3e série, t. **27**, 1910, p. 233.

aurait donc lieu de compléter ou d'éclaircir ce point des résultats énoncés ici.

Enfin le théorème sur la possibilité du problème de Dirichlet s'applique au cas où $F'_u \leq 0$, et non au seul cas où $F'_u < 0$; mais l'on doit admettre des limitations, de la nature indiquée dans ma dernière Note, pour toutes celles des dérivées de u qui figurent dans le théorème sur le prolongement analytique (et dans le théorème sur l'analyticité). Ce théorème s'entend des solutions holomorphes sur le contour.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Séries de fractions rationnelles d'itération.* Note (1) de M. GASTON JULIA.

J'étudie depuis quelque temps une classe intéressante de séries de fractions rationnelles douées de propriétés analytiques nombreuses et variées. Je vais résumer ici très succinctement quelques-uns des résultats de cette étude, me réservant d'indiquer ultérieurement les méthodes.

Soit $R(z)$ une fraction rationnelle, $R_n(z)$ désignera l'itérée d'ordre n de $R(z)$. On considère d'abord les séries (1) $\sum_0^\infty a_n R_n(z)$ où les a_n sont des constantes. [On pose $R_0(z) = z$.]

1. Envisagée dans le domaine de convergence Δ_α d'un point double attractif $\alpha [R(\alpha) = \alpha, |R'(\alpha) = s_\alpha| < 1]$ et, pour simplifier, de multiplicateur $s_\alpha \neq 0$ on reconnaît que, si $\alpha \neq 0$, la convergence de la série en un point du domaine nécessite celle de Σa_n, il en résulte que (1) *converge uniformément dans tout domaine intérieur à* Δ_α et représente une fonction holomorphe, à supposer que Δ_α ne contienne pas l'infini. Si Δ_α contient l'infini, les antécédents de ce point sont des pôles pour les R_n et (1) représente une fonction méromorphe dans Δ_α. Si $\alpha = 0$, la convergence de (1) en un point de Δ_α qui n'est pas antécédent de 0 entraîne la *convergence uniforme de* (1) *dans tout domaine intérieur à* Δ_α, et la conclusion précédente subsiste. Il n'est pas nécessaire que Σa_n converge, dans ce cas, il suffit que $\Sigma a_n s_\alpha^n$ converge. J'ai usé pour cette étude d'une représentation commode de $R_n(z)$ qui est

$$R_n(z) = \alpha + s_\alpha^n F(z) + a_2 s_\alpha^{2n} [F(z)]^2 + \ldots + a_p s_\alpha^{pn} [F(\alpha)]^p + \ldots,$$

(1) Séance du 16 février 1925.

valable dans tout domaine intérieur à $\mathcal{D}_\alpha$, domaine immédiat de α, dès que n est assez grand, $F(z)$ désignant la fonction connue de M. Kœnigs. Je n'insiste pas ici sur le cas $s_\alpha = 0$.

2. La fonction $f(z) = \sum_0^\infty a_n R_n(z)$ holomorphe en α n'est susceptible de la représentation (1) que *d'une seule manière*. On démontre en effet que la *série image* $\varphi(z) = \sum_0^\infty a_n z^n$ à rayon de convergence $\geqq 1$ ou $\geqq s_\alpha$, suivant les cas, est *déterminée d'une manière unique* par la donnée de $\varphi(1)$, $\varphi(s_\alpha)$, $\varphi(s_\alpha^2)$, ..., $\varphi(s_\alpha^h)$, ... puisque les points s_α^h tendent vers zéro. Les séries (1) ne peuvent évidemment pas servir à représenter toutes les fonctions holomorphes en α. La fonction de M. Kœnigs $F(z)$ échappe à cette représentation. On peut alors chercher à *approcher d'une fonction donnée*, holomorphe en α, par une somme finie (2) $\sum_0^n a_p R_p(z)$. Cela est possible pour la fonction $F(z)$ mais n'est possible que pour une catégorie limitée de fonctions. Par exemple si $R(z) = z^2$, on démontre aisément que la suite des Z^{2^n} ne permet pas d'approcher de toute fonction holomorphe en o par $\sum_0^n a_n Z^{2^n}$. La question est liée à celle des lacunes étudiées par MM. Hadamard, Borel, etc.

3. Tout ce qui vient d'être dit peut être facilement généralisé aux séries $\Sigma a_n R_n^p$, $\Sigma a_n \mathcal{F}(R_n)$, où $\mathcal{F}$ est une fonction rationnelle ou méromorphe, avec des précautions convenables. On peut signaler aussi les types

$$\Sigma a_{\alpha_1 \ldots \alpha_k} R_{\alpha_1} R_{\alpha_2} \ldots R_{\alpha_k}.$$

On recourra avec fruit aux séries images telles que celle qu'on a introduite pour $\Sigma a_n R_n$. Une autre extension est relative aux produits $\Pi(1 + a_n R_n^p)$ où les a_n sont encore des constantes et p un exposant entier.

Les divers types de séries qu'on vient de citer sont utiles pour l'étude d'équations fonctionnelles et notamment des équations linéaires

$$A_0 f(z) + A_1 f[R(z)] + \ldots + A_n f[R_n(z)] = \theta(z),$$

on y utilise naturellement les séries images.

4. L'étude des séries précédentes est particulièrement intéressante lorsqu'on essaie de *franchir les frontières du domaine de convergence* qui, en général, sont des coupures de Weierstrass. Bornons-nous ici aux fonctions

à cercle fondamental avec deux points attractifs α et β ($\alpha \neq 0$, $\beta \neq \infty$) symétriques par rapport au cercle et examinons seulement le type (1) $f(z) = \sum_0^\infty a_n R_n(z)$. Si un des points du cercle fondamental $|z| = 1$ est point singulier de $f(z)$, le cercle est une coupure de Weierstrass. La raison en est analogue à celle donnée pour les lacunes par M. Hadamard, dans le cas où $R(z) = z^d$. La série classique de Weierstrass rentre dans le type (1) : c'est $\sum_0^\infty a^n z^{d^n}$ avec $|a| < 1$. D'une façon générale j'ai étudié, *en fonction de z*, la série $f(z) = \sum_0^\infty a^n R_n(z)$ $|a| < 1$. Elle vérifie une équation fonctionnelle linéaire simple; elle n'est pas prolongeable analytiquement au delà du cercle $|z| = 1$. Si a satisfait à une inégalité simple, $f(z)$ est, sur le cercle, *une fonction de l'arc sans dérivée, dont un cas particulier est l'exemple célèbre de Weierstrass.* [La condition est $|a|k > 1 + \frac{1}{A}$ où $|R'(z)| > k > 1$ sur le cercle et A est une constante convenable comprise entre 1 et $\frac{1}{\pi}$.]

Revenant à $\Sigma a_n R_n(z)$ elle *converge uniformément sur une infinité de cercles passant par* $\alpha\beta$, *traversant le cercle fondamental* en des points formant un ensemble de mesure $2\pi - \varepsilon$ aussi voisine de 2π qu'on voudra, à condition que $\sum \left|\frac{a_n}{q_1^n}\right|$ converge (q_1 est une constante < 1).

La difficulté principale est l'étude des dérivées $R_n^{(p)}$ *sur le cercle fondamental;* je l'ai résolue assez simplement et j'ai pu évaluer *une limite supérieure de* $R_n^{(p)}$ sur les droites ne passant par aucun pôle de R_n, et traversant le cercle aux points qui appartiennent à des cycles répulsifs de l'itération $[z|R(z)]$. Ces points sont partout denses sur le cercle. On trouve

$$|R_n^{(p)}(z)| < A(p!)(\sigma'_k)^{\nu(p+1)},$$

où k est l'ordre du cycle, $\sigma'_k = \sigma_k + \varepsilon$, σ_k multiplicateur du cycle et ν un entier défini par $k(\nu - 1) < n \leq k\nu$; A est une constante.

Les pôles de R_n sont les antécédents d'ordre n de l'infini. Ils ont pour ensemble limite le cercle fondamental.

A l'extérieur du cercle, $f(z) = \Sigma a_n R_n(z)$ est une fonction méromorphe admettant pour pôles simples les antécédents de l'infini et pour coupure le cercle fondamental. [On suppose que l'infini n'est ni point double de $[z|R(z)]$, ni point critique d'aucune R_{-n}.]

Si les a_n décroissent assez vite, $\Sigma a_n R_n(z)$ représente à l'intérieur et à

l'extérieur une fonction *quasi analytique* de variable complexe qu'on peut prolonger de l'intérieur vers l'extérieur ou inversement d'une manière unique par des chemins passant par les points des cycles répulsifs de $[z|R(z)]$. Les conditions de décroissance des a_n s'expriment simplement par l'intermédiaire de la série image $\sum_0^\infty a_n z^n$ qui doit être une *fonction entière d'ordre nul* définie par la croissance de son module comme on le verra prochainement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les courbes de convergence des séries procédant suivant les inverses de polynomes donnés.* Note de M. N. **Abramesco**, transmise par M. Appell.

1. Les séries de polynomes

$$\sum \frac{A_n}{P_n(x)} \tag{1}$$

rencontrées par MM. Guillet et Aubert [1] ont été étudiées en premier lieu par M. Appell [2]. Dans une Note antérieure, nous avons trouvé [3] les courbes de convergence des séries (1), quand les polynomes $P_n(x)$ vérifient une relation de récurrence de Poincaré.

Considérons maintenant une série (1) *de M. Appell, pour laquelle*

$$\overline{\lim}\sqrt[n]{|A_n|} = l, \qquad \overline{\lim}\sqrt[n]{|P_n(x)|} = |\rho(x)|.$$

Les courbes de convergence sont données par $|\rho(x)| = l$ *et la série est valable dans la région extérieure à cette courbe et extérieure à la courbe* (C) *où sont les racines des polynomes* $P_n(x)$.

En effet, supposons $|\rho(x)| > l$. On peut trouver l_1 et ρ_1, tels que

$$l < l_1 < \rho_1 < |\rho(x)|.$$

On a

$$|A_n| < l_1^n, \qquad |P_n(x)| > \rho_1^n, \qquad \left|\frac{A_n}{P_n(x)}\right| > \left(\frac{l_1}{\rho_1}\right)^n;$$

---

(1) *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 139, 204, 708, 820.

(2) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 5, 1042; *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. 37, 1913, p. 345; *Bulletin de la Société mathématique de France*, t. 48, 1920, p. 1-8.

(3) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, t. 1, 1922, p. 77-84.

donc la série est valable, car ses termes sont en valeur absolue plus petits que les termes d'une série convergente. Supposons, au contraire, $|\rho(x)| < l$. On peut trouver l_2 et ρ_2, tels que $|\rho(x)| < \rho_2 < l_2 < l$. On a

$$|A_n| > l_2^n, \quad |P_n(x)| < \rho_2^n, \quad \left|\frac{A_n}{P_n(x)}\right| > \left(\frac{l_2}{\rho_2}\right)^n,$$

et la série (1) diverge. Donc, la courbe de convergence de la série de M. Appell est donnée par $|\rho(x)| = l$, et la région où la série est valable est extérieure à cette courbe et extérieure à la courbe (C) où sont les racines des polynomes $P_n(x)$.

2. Comme application, considérons les polynomes de M. Faber [1], donnés par la fonction génératrice

$$\frac{-x + 2a_1 Z + \ldots + (n+1) a_n Z^n + \ldots}{a - xZ + a_1 Z^2 + \ldots + a_{n-1} Z^n + \ldots} = P_1(x) + Z P_2(x) + \ldots + Z^n P_{n+1}(x) + \ldots$$

$$(a \neq 0),$$

les quantités a_n étant telles que $\overline{\lim} \sqrt[n]{|a_n|} = r$, $\frac{1}{r} > l$. On a

$$\frac{-\frac{a}{Z^2} + \varphi'(Z)}{\frac{a}{Z} + \varphi(Z) - x} = -\frac{1}{Z} + P_1(x) + Z P_2(x) + \ldots,$$

$$\varphi(Z) = a_1 Z + \ldots + a_n Z^n + \ldots$$

étant holomorphe dans le cercle de rayon $\frac{1}{r}$. Posant

$$z = \frac{a}{Z} + \varphi(Z),$$

nous aurons le développement

$$\text{(2)} \qquad \frac{z'}{z - x} = -\frac{1}{Z} + P_1(x) + Z P_2(x) + \ldots,$$

valable pour les points x intérieurs à une certaine région de convergence.

Or, la série $P_1(x) + Z P_2(x) + \ldots$, ou $\Sigma Z^n P_n(x)$, a pour rayon de convergence $|Z| = \frac{1}{\overline{\lim} \sqrt[n]{|P_n(x)|}}$ et le développement (2) est valable seu-

---

[1] P. Montel, *Leçons sur les séries de polynomes à une variable complexe*, p. 76. — N. Abramesco, *Sur les séries de polynomes à une variable complexe. Séries de M. Faber* (*Bulletin de la Société des Sciences de Cluj*, *Roumanie*, t. 1, fasc. 1, 1921, p. 60).

lement pour les points x intérieurs à la courbe (Γ) obtenue par la tranformation

$$z = \frac{a}{Z} + \varphi(Z).$$

Donc ([1])

$$\overline{\lim}\sqrt[n]{|P_n(x)|} = \frac{1}{|Z|},$$
$$x = \frac{a}{Z} + a_1 Z + \ldots + a_n Z^n + \ldots$$

et la courbe de convergence de la série de M. Appell, $\sum \frac{A_n}{P_n(x)}$, est donnée par

$$x = \frac{a}{Z} + a_1 Z + \ldots + a_n Z^n + \ldots, \qquad \frac{1}{|Z|} = l,$$

et la série est valable dans la région extérieure à cette courbe et extérieure à la courbe (c) où sont les racines des polynomes $P_n(x)$.

3. *Exemples.* — 1° Considérons les polynomes de Tchebischef, donnés par la fonction génératrice

$$\frac{2Z - 2x}{1 - 2xZ + Z^2} = \frac{\frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{Z^2}\right)}{\frac{1}{2}\left(Z + \frac{1}{Z}\right) - x} + \frac{1}{Z}, \quad P_n(x) = (x - \sqrt{x^2 - 1})^n + (x + \sqrt{x^2 - 1})^n.$$

Les courbes de convergence sont des ellipses

$$x = \frac{1}{2}\left(Z + \frac{1}{Z}\right), \qquad |Z| = \frac{1}{l}.$$

2° La fonction génératrice étant

$$\frac{Z - x\sqrt{1 + Z^2}}{1 + Z^2 - xZ\sqrt{1 + Z^2}} = \frac{1}{Z} + \frac{\frac{1}{\sqrt{1 + Z^2}} - \frac{1}{Z^2}\sqrt{1 + Z^2}}{\frac{\sqrt{1 + Z^2}}{Z} - x},$$

les courbes de convergence sont des ovales de Cassini.

4. Soient $P_n(x)$ les polynomes de Faber attachés à la transformation

$$(3) \qquad z = \frac{a}{Z} + \varphi(Z).$$

([1]) Voir aussi P. Montel, *Leçons sur les séries de polynomes à une variable complexe*, p. 82.

Étant donnée la série

$$\sum A_n P_n(x) \sum \frac{B_n}{P_n(x)}, \tag{4}$$

où

$$\overline{\lim} \sqrt[n]{|A_n|} = l, \qquad \overline{\lim} \sqrt[n]{|B_n|} = l', \qquad l < l' < \frac{1}{r},$$

soient (Γ) et (Γ′) les courbes correspondant aux valeurs

$$|Z| = \frac{1}{l}, \qquad |Z| = \frac{1}{l'}$$

par la transformation (3). La série (4) est valable dans la région intérieure à la courbe (Γ), extérieure à la courbe (Γ′), et extérieure à la courbe (c) où sont les racines des polynomes $P_n(x)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le théorème d'existence des solutions des équations intégro-différentielles linéaires aux dérivées partielles.* Note de M. **Léon Pomey**, présentée par M. L. Lecornu.

1. Considérons, pour fixer les idées $\left(\text{en convenant que } \frac{\partial^0 \varphi}{\partial y^0} \equiv \varphi\right)$, l'équation intégro-différentielle linéaire aux dérivées partielles,

$$\varphi(xyz) - f(xyz) = \int_{L_x}^{m} \sum_{q_i=0,\ s_i=0}^{q_i=q,\ s_i=s} K_{q_i s_i}(xyzt) \frac{\partial^{q_i+s_i} \varphi(tyz)}{\partial y^{q_i} \partial z^{s_i}}\, dt^m, \tag{1}$$

où $\varphi(xyz)$ est la fonction inconnue que nous cherchons et où les coefficients $f(xyz)$, $K_{q_i s_i}(xyzt)$ sont des fonctions analytiques données, qu'on suppose holomorphes quand les trois variables complexes indépendantes x, y, z, ne sortent pas de trois domaines D_x, D_y, D_z (bornés, complets, simplement connexes) et que la variable d'intégration t ne sort pas de D_x; le chemin d'intégration L_x sera constitué par une ligne rectifiable [de longueur finie $s(x)$] qui est tracée dans D_x depuis une origine fixe x_0 jusqu'au point variable x. Quant au symbole $\int_{L_x}^{m}$, il désigne une intégrale m-uple effectuée le long de L_x par rapport à t. Appelons $H[\varphi(tyz)]$ le second membre de (1).

Une *solution formelle* est évidemment fournie par la série $\sum_{n=0}^{+\infty} u_n(xyz)$ (que nous appellerons « développement synthétique à termes récurrents ») dont les termes $u_0(xyz)$ et $u_n(xyz)$ ont pour expression $f(xyz)$ et $H[u_{n-1}(tyz)]$ respectivement.

2. Pour déterminer un domaine de convergence de cette série, cherchons une limite supérieure du module $|u_n|$ par l'emploi de fonctions majorantes.

Soient C et Γ deux cercles quelconques tracés entièrement dans D_y et D_z; μ la borne supérieure de tous les modules $|K_{q_i s_i}(xyzt)|$ quand y et z sont dans C et Γ (x et t restant dans D_x). Soient aussi M la borne supérieure des $|K_{q_i s_i}(xyzt)|$ et α celle de $|f(xyzt)|$ quand y et z ne sortent pas de D_y, D_z (x et t restant toujours dans D_x). Désignons les plus courtes distances des points y et z aux cercles C et Γ par δ et ε.

Dans ces conditions, si N est le nombre des termes de la somme $\sum_{q_i s_i}$ de (1) et si $\alpha r \rho = a$, on peut prendre pour v_0 et v_n les quantités $\frac{a}{\delta \varepsilon}$ et

$$\frac{a\,(nq)!\,(ns)!}{(nm)!}\left[\frac{N\mu\, s^m(x)}{\delta^{q+1}\,\varepsilon^{s+1}}\right]^n.$$

Alors : 1° si $m > q+s$, l'équation est dite *normale* et la série Σv_n est *toujours* convergente. On en déduit (théorème A) *que la solution de* (1) *est holomorphe dans le même domaine que les coefficients de* (1) (sauf peut-être sur les frontières).

Nous retrouvons ainsi un résultat obtenu précédemment [1] par une autre méthode.

2° Si $m = q+s$, la série des modules $|u_n|$ est certainement convergente si l'arc $s(x)$ est $< m\left(\frac{\delta^{q+1}\,\varepsilon^{s+1}}{q^q\, s^s\, N\mu}\right)^{\frac{1}{m}} = \lambda(\delta, \varepsilon, \mu)$. Donc :

Théorème B. — *Si* $m = q+s$, *la solution de* (1) *est holomorphe quand* y *et* z *restent à l'intérieur de* C, Γ *et à une distance de ces cercles au moins égale à* δ *et* ε, *tandis que* x *reste dans la partie commune à* D_x *et au cercle* $R(x_0, \lambda)$ *de centre* x_0 *et de rayon* $\lambda(\delta, \varepsilon, \mu)$. *Cette solution peut être représentée dans ce triple domaine* (C, Γ, R) *par un développement synthétique unique.*

On peut *a fortiori* remplacer partout μ par M, $\lambda(\delta, \varepsilon, \mu)$ devenant $l = \lambda(\delta, \varepsilon, M)$. Or cette quantité l reste évidemment constante si les points y et z se déplacent de façon à pouvoir toujours être entourés de cercles C et Γ (appartenant à D_y et D_z) tels que les plus courtes distances de y et z à C et Γ conservent les mêmes valeurs δ et ε.

D'où cette proposition.

Théorème C. — *Si* $m = q+s$, *la solution de* (1) *est holomorphe quand* y, z

---

[1] *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1094, et *Première Thèse*, 3 avril 1924. Voir *Journal de l'École Polytechnique*, 2e série, 24e cahier, 1924, p. 21.

restent dans D_y, D_z *à une distance des frontières de* D_y, D_z *au moins égale à* δ *et* ε *respectivement pourvu que* x *demeure dans la partie commune à* D_x *et au cercle* $R(x_0, l)$ *de centre* x_0 *et de rayon* l. *Elle est exprimable dans tout ce domaine par un seul et même développement synthétique* $\Sigma u_n(xyz)$.

Observons d'ailleurs qu'on pourrait en général obtenir un rayon de convergence plus étendu que l. Montrons-le sur un cas particulier qui est important par son application aux équations aux dérivées partielles et aux équations différentielles ordinaires :

3. *Cas particulier du premier ordre.* — C'est le cas où le second membre de l'équation (1) se réduit à

$$H(tyz) = \int_{L_x} \left[K_1(xyzt) \frac{\partial \varphi(tyz)}{\partial y} + K_2(xyzt) \frac{\partial \varphi(tyz)}{\partial z} \right] dt.$$

Si $\delta \leq \varepsilon$, on aura ici

$$v_0 = \frac{a}{\delta \varepsilon}, \qquad v_n = \frac{(n+1) a M^n s^n(x)}{\delta^{n+1} \varepsilon}.$$

Le théorème C *pourra donc s'appliquer au premier ordre en prenant* $l = \frac{\delta}{M}$ *pour rayon de* R.

4. *Noyau résolvant.* — Même dans le cas où $m = q + s$ le développement synthétique peut, grâce à l'emploi de la formule de Cauchy, prendre une forme condensée avec un noyau résolvant analogue à celle que nous avons indiquée pour le cas de $m > q + s$ (*Thèse*, p. 42). De même les généralisations du théorème de Fuchs (¹) seraient valables ici au moins formellement.

Remarque. — Tout ce qui précède s'applique aux équations linéaires aux dérivées partielles et s'étendrait de soi-même à un système général de plusieurs équations linéaires différentielles ou intégro-différentielles renfermant autant de fonctions inconnues d'un nombre fini *quelconque* de variables.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une fonction entière d'ordre nul qui est solution d'une équation différentielle algébrique.* Note de M. **Georges Valiron**, présentée par M. Émile Borel.

Les fonctions entières qui sont solutions d'équations différentielles algébriques du premier ordre, d'équations linéaires à coefficients rationnels et d'une classe assez étendue d'équations algébriques d'ordre quelconque sont

(¹) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 1778.

d'ordre fini non nul [1], ce qui a conduit M. Pólya [2] à poser la question suivante : *Existe-t-il une fonction d'ordre nul qui soit solution d'une équation différentielle algébrique?* Les fonctions qui s'introduisent dans la théorie des fonctions elliptiques, ou plus simplement des fonctions invariantes par la substitution (z, zq^2), permettent de construire une fonction très simple qui montre que la réponse à cette question est affirmative. En partant de la fonction de Jacobi

$$S(z)=\sum_{-\infty}^{+\infty} q^{n^2}z^n = A\prod_0^{\infty}(1+zq^{2n+1})\left(1+\frac{q^{2n+1}}{z}\right) \qquad (|q|<1),$$

et en posant

$$Z(z)=z\frac{S'(z)}{S(z)}, \qquad p(z)=-zZ'(z),$$

on montre que $p(z)$ vérifie l'équation

$$z^2p'^2=4(p+c)^3-G_2(p+c)-G_3,$$

où c, G_2 et G_3 sont des fonctions de q. $S(z)$ est donc solution d'une équation différentielle algébrique du troisième ordre. Il suffit alors d'utiliser la propriété de réciprocité de $S(z)$; si l'on pose

$$z+\frac{1}{z}=u, \qquad S(z)=F(u)$$

$F(u)$ est une fonction entière d'ordre nul

$$F(u)=C'\prod_0^{\infty}\left(1+\frac{uq^{2n+1}}{1+q^{4n+2}}\right),$$

qui vérifie encore une équation différentielle algébrique du troisième ordre. On montre d'ailleurs aisément que les fonctions pour lesquelles

$$\frac{\log|f(z)|}{(\log|z|)^2}$$

reste borné ne peuvent vérifier une équation différentielle algébrique du second ordre.

---

(1) Voir mon Mémoire : *Sur les fonctions entières qui vérifient une classe d'équations différentielles* (*Bulletin Soc. math.*, t. 51, 1923, p. 33-41).

(2) Voir le Mémoire : *Zur Untersuchung der Grössenordnung ganzer Funktionen, die einer Differentialgleichung genügen* (*Acta math.*, t. 42, 1919, p. 309-316).

ASTRONOMIE. — *Contribution à l'étude des phénomènes de la surface de la Lune*. Note de M. **Jarry-Desloges**, présentée par M. Bigourdan.

Les diamètres de certaines des petites auréoles claires entourant quelquefois les petits cratères lunaires, à l'instar de celle de Linné, ont été systématiquement mesurés à Sétif, en 1922, par M. G. Fournier de manière à mettre en relief des différences de diamètre, s'il s'en produisait au cours de la lunaison.

Ces recherches ont montré que certaines de ces petites auréoles claires varient grandement de dimensions vers le début ou la fin du jour lunaire, tandis que d'autres, d'apparence similaire, ne présentent aucun changement aux mêmes moments.

L'étude de ces variations de dimensions présente un vif intérêt, car il ne semble pas qu'on puisse les expliquer par une illusion d'optique, puisque des auréoles d'apparence similaire ne se comportent pas de la même façon au cours du jour lunaire.

D'un autre côté il est très probable que ces variations d'étendue ne suivent pas une marche identique dans tous les cas. De plus, il se pourrait qu'au cours des diverses lunaisons la marche des irrégularités d'étendue des auréoles ne soit pas toujours la même.

Seules de longues séries de mesures, que nous nous proposons de continuer, permettront de confirmer ces variations, dont l'importance primordiale serait évidente pour nos connaissances du sol lunaire.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Une loi nouvelle de l'électromagnétisme*. Note de MM. **Ferrier** et **L. Besnerais**, transmise par M. Paul Painlevé.

Nous avons établi qu'en admettant que deux particules électrisées exercent l'une sur l'autre des actions égales et opposées de grandeur $\frac{dW}{dr}$ avec

$$W = e^2 \frac{F(u, \ldots)}{r},$$

il est possible de concevoir l'existence d'un *éther électrique* [1] constitué uni-

[1] Le petit mouvement de contraction dont l'éther doit être animé pour être stable n'est pas sans analogie avec la courbure générale de l'espace, imaginée par M. Einstein. (R. F.)

quement de particules de même signe. Nous allons montrer que cette même formule permet d'interpréter, non seulement les phénomènes connus de l'électromagnétisme, mais encore certains faits encore inexpliqués, et mis en évidence par la radioactivité.

Énergie d'un ensemble de circuits. — Si la vitesse des électrons est u_1 sur l'un des circuits et u_2 sur l'autre (le segment de longueur r qui joint deux électrons quelconques faisant avec les directions de ces vitesses des angles θ_1 et θ_2) la vitesse relative est

$$u_1 \cos\theta_1 + u_2 \cos\theta_2.$$

En prenant pour $F(u)$ le développement (dont le premier terme est dû à Weber)

$$F(u) = 1 - \frac{u^2}{2} + \ldots,$$

on voit que la variation d'énergie, correspondant à la mise en mouvement des électrons des circuits, sera

$$\Delta W = \sum \frac{1}{2} \frac{(u_1 \cos\theta_1 + u_2 \cos\theta_2)^2}{r} + \ldots,$$

la somme étant étendue à tous les électrons de l'univers. Or, le développement de ΔW donne des termes carrés en $u_1^2 \cos^2\theta_1$ et des termes rectangles en $u_1 u_2 \cos\theta_1 \cos\theta_2$. L'ensemble des premiers correspond à la somme des forces vives des électrons : chacun de ces termes représente en effet la variation d'énergie due à la mise en mouvement d'une particule *isolée*. Cette force vive d'ensemble $\sum \frac{1}{2} mv^2$ est négligeable si v est petit, car la masse m d'un électron est très petite.

La somme

$$\sum \frac{u_1 u_2 \cos\theta_1 \cos\theta_2}{r}$$

étendue aussi bien aux électrons d'un même circuit qu'à ceux de circuits différents se met sous la forme, selon un calcul indiqué par Poincaré,

$$\frac{i_1 i_2}{c^2} \int\int \frac{\cos\theta_1 \cos\theta_2}{r} ds_1 \, ds_2,$$

c désignant la vitesse prise comme unité dans le développement de $F(u)$. C'est la formule classique établie d'après l'observation des faits.

Induction. — Si les électrons ont une accélération relative, la force

exercée est

$$\frac{dW}{dr} = -\frac{e^2\left(1 - \frac{u^2}{2} \cdots\right)}{r^2} - \frac{e^2\gamma}{r} + \cdots$$

Considérons un courant fermé où les vitesses réelles des particules soient très petites. L'accélération de chacune est tangente au courant. Si l'on prend la *circulation* du champ électrique le long d'un autre contour fermé, on constate que le vecteur en $\frac{1}{r^2}$ donne, pour l'ensemble, une circulation nulle, et que le vecteur $\frac{e\gamma}{r}$ donne une circulation

$$e\sum \frac{(\gamma \cos\theta_1)(\cos\theta_2\, ds_2)}{r},$$

expression qui devient, si l'on met l'intensité en évidence,

$$\frac{1}{c^2}\frac{di}{dt}\int\int \frac{\cos\theta_1 \cos\theta_2}{r}\, ds_1\, ds_2.$$

Il suffit de prendre pour c la valeur 3.10^{10} cm : sec pour que ces formules représentent les faits observés.

En se reportant aux théories classiques, on constate aisément que ces formules permettent d'établir toutes les propriétés attribuées au champ magnétique, à condition que les particules électriques en mouvement constituent un circuit fermé. C'est par cette restriction fondamentale que la théorie exposée ici diffère du système des équations de Maxwell.

Propagations des ondes planes. — Il est facile de voir qu'une onde plane se comporte comme un circuit quasi fermé. On trouve ainsi, en appelant Φ la force électrique, et ε le déplacement (parallèles à oz), pour les effets d'*induction :*

$$4\pi n e^2 \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial t^2} = -\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2},$$

avec la relation de *déformation* de l'Éther :

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} = -4\pi n e^2 \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x^2},$$

d'où l'on tire

$$\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x^2}.$$

La vitesse de propagation est la vitesse unité $c = 3.10^{10}$ cm : sec, et la vibration est transversale.

Mouvement rectiligne d'un couple d'électrons dans l'éther. — Voici un exemple très simple qui montre à quel point la loi électromagnétique que nous proposons diffère de la théorie classique.

Soient deux électrons, à la distance r, placés dans l'éther, et animés d'un mouvement rectiligne sur la droite qui les joint.

L'énergie totale reste constante :

$$W = \frac{e^2\left(1 - \frac{u^2}{2} \dots\right)}{r} + m\frac{u^2}{4}c^2 = \frac{e^2}{r_0},$$

r_0 désignant leur distance quand la vitesse s'annule.

On constate aisément que si

$$r_0 < \frac{2e^2}{mc^2} = 5.10^{-13}\ \text{cm},$$

ces électrons ne peuvent pas s'éloigner l'un de l'autre. Or cette distance est celle qui est assignée aux *nucléons*, dans la théorie de la radioactivité.

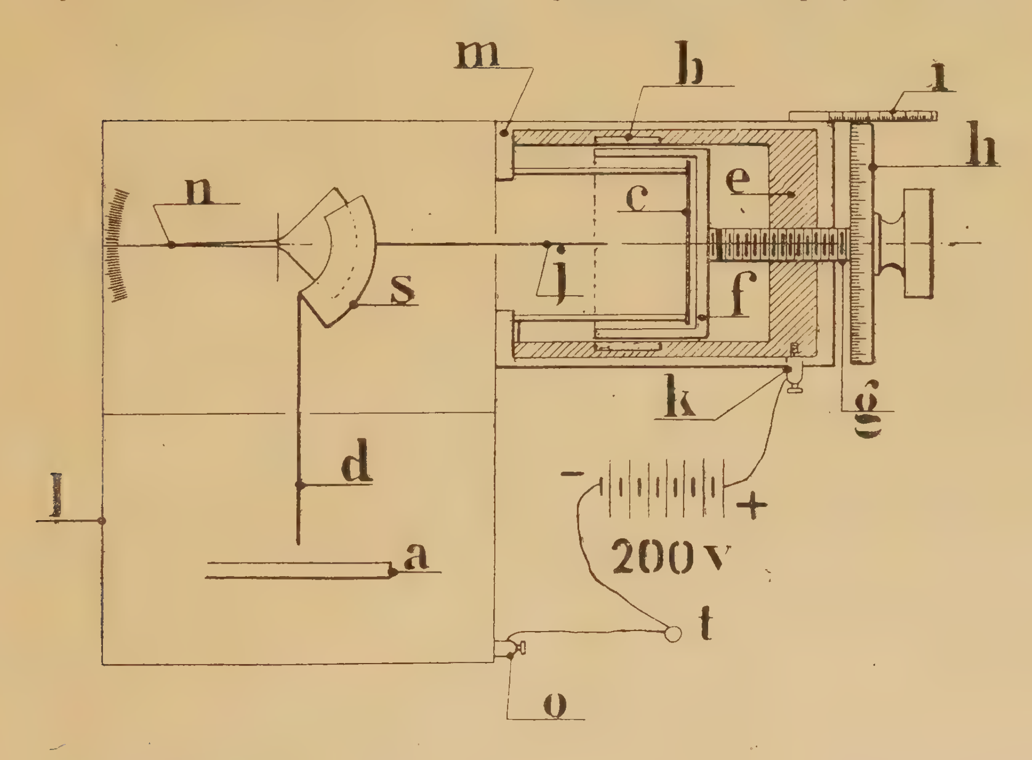
ÉLECTRICITÉ. — *Sur une méthode de comparaison permettant la mesure de courants extrêmement faibles.* Note de M. B. **Szilard**, présentée par M. Cotton.

Nous avons imaginé un nouveau procédé de mesure pour les courants d'ionisation très faibles. La méthode est fort simple et ne comporte pas de mesure de temps; les résultats ne dépendent ni du réglage de l'électromètre, ni de la fuite spontanée et ils atteignent une précision remarquable. On peut mettre en évidence des courants de l'ordre de 10^{-5} U.E.S. et mesurer avec des erreurs absolues de cet ordre des courants 10^5 fois plus intenses.

Principe. — Soit un double condensateur à air dont l'armature intérieure s est unique, tandis que l'armature extérieure est formée de deux parties a et b isolées l'une de l'autre : l'une b est reliée à l'un des pôles d'une batterie, l'autre a au sol. Si, au moyen d'une radiation ionisante, on rend l'air conducteur dans chacun des deux condensateurs ainsi associés, on constate qu'une fois l'équilibre atteint le potentiel de l'armature devient constant et que sa valeur dépend du rapport des quantités d'électricité qui ont traversé respectivement a et b. Si ces deux quantités sont égales entre elles, l'armature intérieure s arrive dans un état électrique *critique* caracté-

risé par le fait que son potentiel [1] *devient indépendant du potentiel appliqué à l'armature extérieure, indépendant aussi des intensités de radiation agissant à la fois sur les deux diélectriques et enfin de la durée de l'expérience.* Pour comparer alors les deux débits nous avons choisi la radiation du radioplomb métallique, fournissant un courant d'une intensité proportionnelle à sa surface. Cette dernière est facile à délimiter par des moyens mécaniques. Comme l'état *critique* apparaît nettement on peut ainsi définir des intensités de courant qui échapperaient à l'observation électrométrique proprement dite.

Exécution pratique. — Un de nos électromètres transportables, à très faible capacité [2], a son secteur isolé *s* muni d'un prolongement métallique *j* sortant de la



cage et aboutissant dans une petite chambre d'ionisation *c*; celle-ci possède une double paroi : l'une *e* est fixe, l'autre *f* mobile. La première porte un anneau composé d'une mince feuille de radio plomb *b*; la seconde *f* servant d'obturateur est solidaire d'une bonne vis micrométrique *g*. Une plaque métallique limite la course de *g* et

---

[1] Si l'on reste dans les limites du courant de saturation.

[2] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 1618 et 1695.

maintient à la fois constantes les dimensions de la chambre d'ionisation et la répartition du champ électrique. L'ensemble des pièces précédentes reliées électriquement entre elles est isolé de la cage l par une pièce d'ébonite m et peut être maintenu au potentiel choisi à l'aide d'une petite batterie de piles sèches k dont l'autre pôle t est relié à la terre. La vis micrométrique g commandant l'obturateur permet de régler à volonté le jeu des deux courants et le tambour micrométrique h fait connaître chaque instant la surface de b démasquée.

Mesures. — Une première application consiste à se servir de l'appareil comme d'un simple électromètre, *mais qui n'aurait pas de fuite spontanée.* Pour cela on commence par faire passer un courant par le *comparateur*, en dévissant peu à peu l'obturateur f jusqu'à ce que l'aiguille n devienne immobile. La fuite spontanée ayant été ainsi compensée on fait, sans avoir à en tenir compte, la mesure de déperdition de charge comme d'habitude.

Étalonnage. — Les divisions de h correspondant à la région centrale du ruban de radioplomb b peuvent être considérées comme équivalentes entre elles. Pour étalonner toute ou une partie de la graduation, on n'a qu'à étudier la vitesse de déviation de l'aiguille correspondant à chaque division successive du tambour. Pour connaître les valeurs absolues du courant il suffira de placer en a une lame de radioplomb métallique ayant 1^{cm^2} de superficie et $0^{mm},1$ d'épaisseur. Le courant fourni sera $\mathfrak{J} = 8.10^{-3}$ U. E. S.

Mesures au comparateur. — L'instrument ayant été étalonné et compensé pour la fuite spontanée, c'est la position prise alors par le tambour qui sera considérée comme zéro. En introduisant en a la substance à mesurer, on communique au secteur s un certain potentiel de même signe qu'en k; l'aiguille dévie, puis baisse peu à peu. On déplace ensuite la manette du tambour en dégageant b, jusqu'à ce que l'aiguille, visée par un microscope, s'immobilise sur une division *quelconque*. Au bout de plusieurs minutes on s'assure que la stabilité est restée permanente, et s'il en est ainsi on lit l'indication du tambour.

OPTIQUE. — *Sur la transparence des verres dans l'infrarouge.* Note de M. **François Liana**, présentée par M. A. Cotton.

Travaillant à l'Institut météorologique de Varsovie à l'étude de la répartition de l'énergie solaire dans les différentes parties du spectre, j'ai été chargé par M. Lad. Gorczinski de rechercher un verre susceptible de servir à la construction des pièces optiques des spectrographes destinés à l'étude de l'extrémité infrarouge du spectre solaire, c'est-à-dire particulièrement

transparent aux radiations de grande longueur d'onde. Dans ce but j'ai étudié 18 lames de flint et de crown qui ont été mises gracieusement à ma disposition par la verrerie scientifique Parra-Mantois. Les mesures ont été faites à l'Institut de Physique d'Utrecht avec le spectrographe infrarouge de M. Moll [1].

Tous les verres étudiés ont été trouvés pratiquement opaques sous une épaisseur de 15^{mm} aux radiations de longueur d'onde supérieure à $3^{\mu},2$. Mais il existe néanmoins des différences considérables dans la transmission de ces différents verres pour les longueurs d'ondes inférieures à $3^{\mu},2$. Le verre qui a été trouvé le meilleur à la fois comme transparence et comme dispersion est le flint D/262.

Voici quelques indications sur sa transparence : sous une épaisseur de $15^{mm},6$ il transmet environ 90 pour 100 des radiations de longueur d'onde inférieure à $2^{\mu},14$; la fraction de lumière transmise décroît lentement jusqu'à $2^{\mu},75$ où elle est encore de 74 pour 100, puis plus rapidement jusqu'à $3^{\mu},19$ où l'absorption est complète.

Ce verre est donc tout particulièrement à recommander pour le genre d'études qui nous occupe.

PHYSICO-CHIMIE. — *Le quotient de Trouton au zéro absolu de température.* Note de M. **Nicolas Perrakis**, présentée par M. Albin Haller.

La loi de Trouton, d'après laquelle le quotient de la chaleur moléculaire de vaporisation L à la température absolue d'ébullition (sous la pression normale) T est constant, a reçu depuis sa découverte plus d'une modification.

L'étude des gaz rares a montré que le quotient $\frac{L}{T}$ n'était pas constant, comme le voulait Trouton, mais qu'il variait suivant une fonction de la température, dont l'allure a été étudiée d'une façon empirique par plusieurs savants, notamment par M. R. de Forcrand [2].

Ce quotient, à peu près constant — égal à 21 environ — dans le domaine des températures moyennes, baisse rapidement lorsque la température décroît progressivement.

---

(1) W. J. H. Moll, *Thèse de Doctorat*. Utrecht, 1907.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1648.

Je me propose de chercher la *limite* vers laquelle tend

$$\frac{L}{T} = \Phi[T]$$

lorsque T tend vers zéro.

Je rappellerai que ce rapport a les *dimensions* d'une entropie, *c'est l'entropie au point d'ébullition.*

Cherchons la limite de l'expression de Clausius

$$dS = \frac{dQ}{T} = \frac{dQ}{dT}\frac{dT}{T}, \tag{1}$$

où dS, $\frac{dQ}{dT}$ et $\frac{dT}{T}$ représentent respectivement la variation élémentaire d'entropie, la chaleur spécifique et le rendement d'un cycle de Carnot réversible limité par les températures $T_1 = T = T_2 + dT$.

A la limite, c'est-à-dire pour $T_2 = 0$, $T = dT$, le rendement $\frac{dT}{T}$ tend vers l'unité et l'équation (1) devient

$$\lim dS = \lim \frac{dQ}{dT}.$$

Nous voyons par conséquent que *la limite vers laquelle tend l'entropie, lorsque la température tend vers zéro, se confond avec celle des chaleurs spécifiques des gaz* qu'un calcul dernièrement publié ([1]), en accord avec des résultats expérimentaux de date relativement récente, a montrée égale à $\frac{3}{2}R$, capacité calorifique à volume constant des gaz monoatomiques.

Donc on pourra écrire

$$\lim \int \frac{dQ}{T} = \lim \frac{L}{T} = S_0 = \frac{3}{2}R = 2,98\,\frac{\text{cal.}}{\text{deg.}}.$$

Il semble donc que le quotient de Trouton tende vers une limite finie quand T tend vers zéro. D'ailleurs, il varie en fonction de la température suivant une loi de probabilité représentée d'une façon générale, et notamment aux basses températures, par l'équation

$$\frac{L}{T} = S = \Phi(T) = S_0 e^{aT^m}.$$

([1]) Nicolas Perrakis, *Comptes rendus*, t. 179, 1924, p. 562.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Théorie de la fluorescence polarisée (Influence de la viscosité).* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

La lumière émise par une solution fluorescente est en général partiellement polarisée [1]. Cette polarisation, très petite pour les solutions aqueuses, devient importante dans les solvants plus visqueux.

Ce phénomène se comprend si les molécules du corps fluorescent se comportent comme des oscillateurs électriques qui, suivant leurs orientations, absorbent plus ou moins la lumière excitatrice, de sorte que les molécules excitées doivent avoir des orientations distribuées autour d'une direction privilégiée. Dans un milieu très visqueux, ces oscillateurs réémettront des ondes sphériques polarisées sans avoir changé d'orientation, et la lumière de fluorescence sera par suite partiellement polarisée. Si la viscosité diminue, les molécules tourneront en moyenne de plus en plus entre l'instant d'absorption et l'instant d'émission, et le taux de polarisation diminuera.

Nous admettrons que la partie active de la molécule fluorescente est un oscillateur circulaire (orbite électronique). La solution sera supposée éclairée par un faisceau de lumière polarisée de direction Oy ayant son vecteur électrique dirigé suivant Oz. La fluorescence sera observée dans une direction Ox perpendiculaire à Oz. Nous désignerons par ON_0 et ON_1 les directions de la normale au plan d'un oscillateur à l'instant où il absorbe et à l'instant de l'observation, et nous poserons

$$\theta_0 = (Oz, ON_0), \quad \omega = (ON_0, ON_1), \quad \theta_1 = (Oz, ON_1),$$
$$\varphi_0 = (xOz, N_0Oz), \quad \lambda = (zON_0, N_1ON_0), \quad \varphi_1 = (xOz, N_1Oz).$$

Ces angles sont liés par la relation

$$\cos\theta_1 = \cos\theta_0 \cos\omega + \sin\theta_0 \sin\omega \cos\lambda. \tag{1}$$

Probabilité d'absorption. — En électromagnétisme classique l'amplitude communiquée à l'oscillateur serait proportionnelle à la projection sur son plan du vecteur électrique de l'onde incidente, donc à $\sin\theta_0$. La probabilité d'absorption d'un quantum doit donc être proportionnelle à $\sin^2\theta_0$.

Probabilité d'une rotation donnée. — Soit $f(\omega, t)\,d\Omega$ la probabilité pour que, à l'instant t, la normale à l'oscillateur soit venue, par mouvement brownien de rotation, dans un cône $d\Omega$ faisant avec la direction initiale ON_0

---

[1] F. Weigert, *Verh. d. D. Phys. Ges.*, t. 23, 1920, p. 100.

un angle ω. On a

(2) $$2\pi\int_0^\pi f(\omega, t)\sin\omega\, d\omega = 1$$

et l'on montre facilement que la fonction f satisfait en outre à l'équation aux dérivées partielles

(3) $$\frac{\partial^2 f}{\partial\omega^2} + \frac{\cos\omega}{\sin\omega}\frac{\partial f}{\partial\omega} = \frac{1}{\mathcal{R}}\frac{\partial f}{\partial t}$$

avec (Einstein)

$$\mathcal{R} = \frac{1}{2}\frac{\mathrm{RT}}{\mathrm{N}}\frac{1}{4\pi r^3\eta},$$

η étant la viscosité du solvant, r le rayon des molécules fluorescentes, et N le nombre d'Avogadro.

Polarisation de l'onde émise. — L'oscillateur circulaire ayant sa normale dirigée suivant ON_1 émet dans la direction $\mathrm{O}x$ une lumière elliptique dont les composantes suivant $\mathrm{O}y$ et $\mathrm{O}z$ ont des intensités $\mathfrak{J}_y$ et $\mathfrak{J}_z$ proportionnelles à $(1 - \sin^2\theta_1 \sin^2\varphi_1)$ et $\sin^2\theta_1$.

Vie moyenne dans l'état critique. — Dans la théorie classique, chaque molécule excitée émettrait une onde exponentiellement amortie

$$\mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 e^{-\frac{t}{\tau}}.$$

Cette formule reste en moyenne valable si les molécules émettent une onde d'intensité constante tant qu'elles sont dans l'état critique, le retour à l'état normal étant un phénomène de hasard se produisant en moyenne au bout d'un temps τ (Bohr), ou si un quantum est émis tout entier à l'instant du retour à l'état normal.

Taux de polarisation de la fluorescence. — La lumière émise à un certain instant par un grand nombre de molécules fluorescentes peut être considérée comme la superposition de deux lumières indépendantes polarisées rectilignement suivant $\mathrm{O}y$ et $\mathrm{O}z$, et ayant des intensités I_y et I_z. Ces intensités s'obtiendront en faisant la somme des intensités $\mathfrak{J}_y$ et $\mathfrak{J}_z$ relatives aux ondes émises indépendamment par les molécules excitées, en tenant compte des probabilités d'orientation initiale, d'absorption, de rotation et d'émission, et en intégrant par rapport au temps de zéro à l'infini. On trouve ainsi, A désignant un facteur de proportionnalité :

$$\mathrm{I}_y = \mathrm{A}\int_0^\infty\int_0^\pi\int_0^{2\pi}\int_0^\pi\int_0^{2\pi} \sin^2\theta_0 f(\omega,t)\, e^{-\frac{t}{\tau}}(1-\sin^2\theta_1\sin^2\varphi_1)\sin\omega\sin\theta_0\frac{dt}{\tau}d\omega\, d\lambda\, d\theta_0\, d\varphi_0,$$

$$\mathrm{I}_z = \mathrm{A}\int_0^\infty\int_0^\pi\int_0^{2\pi}\int_0^\pi\int_0^{2\pi} \sin^2\theta_0 f(\omega,t)\, e^{-\frac{t}{\tau}}\sin^2\theta_1\sin\omega\sin\theta_0\frac{dt}{\tau}d\omega\, d\lambda\, d\theta_0\, d\varphi_0.$$

Ces intégrales se calculent en utilisant les formules (1), (2) et (3) et en faisant des intégrations par parties. On trouve finalement

$$I_y = A\frac{8\pi}{15}\frac{3+20\mathcal{R}\tau}{1+6\mathcal{R}\tau}, \qquad I_z = A\frac{32\pi}{15}\frac{1+5\mathcal{R}\tau}{1+6\mathcal{R}\tau}.$$

Le taux de polarisation a donc pour valeur

$$\rho = \frac{I_z - I_y}{I_z} = \frac{1}{4}\,\frac{1}{1+5\mathcal{R}\tau}$$

ou

(4) $$\rho = \frac{1}{4}\,\frac{\eta}{\eta+s} \qquad \text{avec} \qquad s = \frac{5}{8\pi}\,\frac{RT}{N}\,\frac{\tau}{r^3}.$$

Dans le cas d'un oscillateur circulaire, le taux de polarisation doit donc être une fonction homographique de la viscosité croissant de 0 à $\frac{1}{4}$ quand la viscosité croît de zéro à l'infini.

Cette théorie est en excellent accord avec de récentes mesures de W.-L. Lewschin (¹) sur l'érythrosine et le rose bengale en solution dans différents monoalcools. Le tableau suivant donne comme exemple les nombres relatifs à l'érythrosine (température 17°,5) :

η.	0,006.	0,012.	0,024.	0,042.
ρ calculé ($s=0,0172$)....	0,065	0,103	0,146	0,177
ρ observé...............	0,065	0,104	0,144	0,176

Cependant pour les solutions dans la glycérine, le taux de polarisation dépasse fortement la limite $\frac{1}{4}$. On peut admettre que de tels solvants modifient les oscillateurs, et les rendent plus ou moins elliptiques. On peut en effet démontrer que la valeur limite du taux de polarisation croît de $\frac{1}{4}$ à $\frac{2}{3}$ quand on passe d'un oscillateur circulaire à un oscillateur rectiligne.

La valeur de la constante s déduite des mesures permet d'évaluer la vie moyenne τ; on trouve des temps de l'ordre de 10^{-9} seconde. Ceci montre en particulier que les phosphorescences de l'ordre du centième de seconde que j'ai (²) observées dans les solutions glycériques sont un phénomène accessoire nettement distinct de la fluorescence.

(¹) W.-L. Lewschin, *Zeit. f. Phys.*, t. **26**, 1924, p. 274.

(²) F. Perrin, *Comptes rendus*, t. **178**, 1924, p. 2252.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure spectrophotométrique du* P_H. Note de M. **Fred Vlès**, présentée par M. Jean Perrin.

Dans des recherches antérieures ([1]) nous avions utilisé le spectrophotomètre pour la mesure du P_H au moyen d'indicateurs, avec construction empirique de courbes reliant l'absorption de la bande de l'indicateur au P_H de tampons étalonnés par d'autres méthodes. Pareil étalonnage empirique a été employé ensuite par Brode ([2]) et par Holmes ([3]) dans leurs mesures spectrophotométriques du P_H. L'inconvénient pratique de telles méthodes est que l'absorption de l'indicateur, colog $\frac{I}{I_0}$, est une fonction de deux variables indépendantes (le P_H, et la concentration de l'indicateur introduit dans un volume donné de solution), de sorte qu'il faut construire un jeu d'abaques toutes les fois que les conditions expérimentales sont sujettes à s'écarter de l'opération stantard d'étalonnage. L'introduction du « *degré de tautomérisation* », telle que nous l'avions faite, n'atténue que partiellement la difficulté. On pouvait se demander si les techniques spectrophotométriques n'étaient pas susceptibles de fournir des renseignements plus directs; nous avons cherché si une relation d'application pratique simple ne pouvait pas être établie entre les rapports des absorptions des divers composants spectraux d'un indicateur, et l'équilibre de ceux-ci en fonction du P_H.

I. Soit un indicateur de concentration C, constitué à un certain moment par deux composants spectraux tautomères de concentrations $c_1 + c_2 = C$, et de constantes d'absorption pour deux longueurs d'ondes différentes k_1 et k'_1 (forme alcaline), k_2 et k'_2 (forme acide). On a, sur les longueurs d'ondes λ_1 et λ_2 et pour l'épaisseur l, les absorptions :

$$\operatorname{colog}\left(\frac{I}{I_0}\right)_{\lambda_1} = (k_1 c_1 + k_2 c_2) l \qquad \text{et} \qquad \operatorname{colog}\left(\frac{I}{I_0}\right)_{\lambda_2} = (k'_1 c_1 + k'_2 c_2) l.$$

II. En prenant d'autre part l'équilibre de dissociation de l'indicateur en fonction des ions H^+ tel qu'il serait donné en première approximation à partir du calcul classique de l'équilibre entre un acide faible et son sel,

---

([1]) F. Vlès, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 543.

([2]) Brode, *The determination of* H *ion concentration by a spectrophotometric method* (*J. Amer. Chem. Soc.*, t. 46, 1924, p. 581).

([3]) Holmes, *The spectrophotometric determination of* H *ion concentration* (*Ibid.*, t. 46, 1924, p. 627.

on a, si K est la constante de dissociation apparente [1] de l'indicateur : $c_1 = \frac{KC - H^2}{H + K}$, d'où il vient :

$$(I) \qquad \varphi = \frac{\operatorname{colog}(\lambda_1)}{\operatorname{colog}(\lambda_2)} = \frac{k_1 K + k_2 H + H^2 \frac{k_2 - k_1}{C}}{k'_1 K + k'_2 H + H^2 \frac{k'_2 - k'_1}{C}}.$$

Dans les P_H qui ne sont pas extrêmement bas, les termes en H^2 deviennent pratiquement négligeables, de sorte qu'il reste en première approximation :

$$(II) \qquad H = K \frac{k_1 - \varphi k'_1}{\varphi k'_2 - k_2}.$$

Les ions H^+ *pourraient donc dans ces conditions être obtenus en fonction du rapport des absorptions* φ *et indépendamment de la concentration de l'indicateur* [2], *sans étalonnage empirique préalable.*

Nous avons essayé sur divers indicateurs le degré d'application pratique de la formule (II), en comparant au calcul des mesures faites dans des tampons étalonnés. Les courbes expérimentales $\varphi = f(P_H)$ se sont montrées de deux catégories : 1° les unes (indicateurs normaux) ont présenté une allure régulière, avec une dérivée toujours de même signe pour un indicateur donné. Avec certains produits, la courbe expérimentale a suivi sensiblement la courbe calculée; avec d'autres il a existé entre elles un très léger décalage, nul sur la constante P_K, progressif vers les extrémités; cet écart, qui pourrait d'ailleurs peut-être relever d'erreurs systématiques sur une constante, peut en tout cas être facilement éliminé par un terme de correction empirique qui permet l'usage pratique du calcul; 2° d'autres indicateurs (indicateurs anormaux) ont présenté des anomalies, la courbe expérimentale $\varphi = f(P_H)$, ayant des boucles dans lesquelles la dérivée change de signe.

Ces indicateurs ont cependant cadré avec la formule, dans les mêmes conditions que les indicateurs normaux, en dehors de la région des anomalies. Celles-ci paraissent liées à l'existence d'un troisième constituant spectral dont le calcul ne tient pas compte.

1° *Exemples d'indicateurs normaux.* — *Cresol-red* de Clark (*o*-crésol-sulfone-phtaléine). — L'accord entre les courbes calculée et réelle s'est fait,

---

(1) Définie par le demi-virage, correction de salinité éventuellement faite.

(2) Tant que φ est lui-même indépendant de cette concentration, par conséquent au-dessus d'une certaine concentration limite.

pour l'échantillon examiné, avec une approximation de la seconde décimale du P_H. Les constantes d'absorption ont été déterminées à P_H 12 et P_H 4, pour λ 582 (bande du composant violet) et λ 493 (flanc de la bande du composant jaune) :

$k_1 = 2,62.10^5$; $k_2 = 0$; $k'_1 = 0,474.10^5$; $k'_2 = 0,302.10^5$ (gr : cm³); $K = 8,30$.

P_H du tampon..	7,36	7,80	8,08	8,20	8,31	8,68	9,24
P_H calculé.....	7,38	7,82	8,03	8,26	8,36	8,60	9,31
Δ	+0,02	+0,02	+0,05	+0,06	+0,05	−0,08	+0,07

La concentration de l'indicateur était pratiquement indépendante de φ au-dessus de 7.10^{-6} gr : cm³ (jusqu'au moins 15.10^{-6}).

Brom-thymol-blue de Clark (tétra-bromo-phénol-sulfone-phtaléine). — Constantes déterminées dans P_H 9 et P_H 2, pour λ 595 et 493 :

$k_1 = 892,5.10^3$; $k_2 = 0$; $k'_1 = 75,0.10^3$; $k'_2 = 105.10^3$;
K, inclus erreur saline $= 3,80$.

Assez bon accord, avec léger décalage systématique aux deux bouts de la courbe, inférieur à 0,1 P_H; sa correction empirique est donnée par

$$P_H \text{ réel} = P_H \text{ calculé} - a\left(\log\frac{1}{K} - P_H \text{ calculé}\right)$$

avec a très petit (0,07).

2° *Exemples d'indicateurs anormaux.* — Le *Crystal-violet* (violet hexaméthylé) a montré d'une façon nette une anomalie due à l'intervention d'un troisième terme : on sait qu'entre P_H 3 et P_H 1 la forme violette (bande λ 592) se transforme en forme verte (λ 632), et que celle-ci se détruit progressivement pour donner un composant jaunâtre; il y a donc pour une région erreur systématique sur l'estimation des constantes de la forme verte. Le rapport φ pour $\frac{\lambda 632}{\lambda 590}$ donne vers P_H 1,3 une anomalie en boucle d'allure caractéristique, qu'on peut regarder comme le raccord des divers équilibres. Dans le cas particulier du crystal-violet, la décoloration des solutions vertes est une lente fonction du temps, de sorte que les mesures initiales ou tardives ne donnent pas les mêmes valeurs, quoique l'anomalie se conserve. L'accord de la courbe expérimentale avec le calcul se fait convenablement pour une branche de la courbe, dans les P_H supérieurs à $\log\frac{1}{K}$.

Une courbe à anomalie est présentée aussi par le *rouge méthyle* (*o*-), qui possède également trois composants spectraux [anomalie entre P_H 1 et P_H 4, calcul d'après les données de Thiel, Dassler et Wülfken (¹)].

(¹) Thiel, Dassler et Wülfken, *Fort. d. chem. Phys. und physik. Chem.*, 1924, t. 18, f. 3, p. 1-120.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la sensibilité des actinomètres à électrodes de mercure.* Note de M. G. ATHANASIU, présentée par M. A. Cotton.

Dans une Note antérieure (¹), j'ai montré qu'on peut construire des actinomètres électrochimiques à électrodes de mercure halogénées ou sulfurées. Le travail présent contient l'étude de la sensibilité de ces appareils pour des radiations du spectre visible et *ultraviolet*, entre 5790 et 2500 Å.

Appareils et méthode de mesure. — La préparation des électrodes sensibles a été faite comme on l'a indiqué antérieurement. L'électrolyte des actinomètres était toujours l'acide sulfurique dilué (10 pour 100). Cette solution présente l'avantage d'être parfaitement transparente dans toute la région des longueurs d'onde utilisées depuis 5790 Å jusqu'à 2500 Å. Les forces électromotrices des actinomètres étaient mesurées par une méthode de zéro. Enfin l'énergie des radiations agissantes (arc au mercure) a été déterminée directement à l'aide d'une pile thermo-électrique comme je l'ai indiqué dans un travail précédent (²). Pour éclairer les actinomètres le séparateur de radiations a été complété par une lentille à court foyer et un prisme à réflexion totale en quartz qui faisaient suite à la fente séparatrice et à l'aide desquels la lumière monochromatique était envoyée verticalement dans les actinomètres.

Je me suis d'abord assuré que pour des éclairements aussi faibles que ceux employés dans ce travail, les courants donnés par les actinomètres sont sensiblement proportionnels à l'intensité de la lumière.

Résultats. — Avec ce dispositif expérimental j'ai obtenu les résultats consignés dans les tableaux I, II et III où l'on a désigné par : $\lambda =$ la longueur d'onde, $I =$ l'énergie des radiations rapportée à l'énergie de la raie verte du mercure, $e =$ la force électromotrice (en 10^{-4} volt) produite pour une minute d'éclairement et $s = \frac{e}{I}$ la sensibilité de l'actinomètre.

Le régime choisi pour l'arc au mercure était de 60 volts × 3,75 ampères.

(¹) *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 214.
(²) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 561.

TABLEAU I.

λ.	I.	Iodure mercureux. $e \times 10^{-4}$ volts.	$s = \frac{e}{I}$.	Bromure mercureux. $e \times 10^{-4}$ volts.	$s = \frac{e}{I}$.
5460	1,00	0	0	0	0
4916	(0,05)	1,0	(20,0)	0	0
4358	0,89	31,5	35,0	0	0
4046	0,51	19,6	39,2	2,45	4,9
3660	1,20	42,0	35,0	9,8	8,1
3130	0,80	24,5	30,1	33,6	42,0
3025	0,38	11,2	25,4	17,5	44,9
2967	0,18	—	—	9,1	50,5
2652	0,19	6,3	32,9	8,4	44,1
2536	0,20	5,6	28,0	7,0	35,0

TABLEAU II.

Chlorure mercureux.

λ Angstroms.	I.	$e \times 10^{-4}$ volts.	$s = \frac{e}{I}$.
3660	1,20	0	0
3130	0,80	1,4	1,75
2967	0,18	1,4	7,8
2652	0,19	5,18	27,2
2536	0,20	7,7	38,5
2482	?	3,85	?

TABLEAU III.

Sulfure de mercure.

λ Angstroms.	I.	$e \times 10^{-4}$ volts.	$s = \frac{e}{I}$.
5460	1,00	—0,52	0,5
4358	0,89	—2,8	3,1
4046	0,51	—1,96	3,8
3660	1,20	—4,0	3,3
3130	0,80	-2,31	2,9

Des tableaux I et II il résulte que le maximum de sensibilité de l'actinomètre se déplace vers les grandes longueurs d'onde quand le poids atomique de l'halogène entrant dans la constitution de la couche sensible croît.

La sensibilité de l'actinomètre à l'iodure mercureux présente un maximum vers 4046 Å. et paraît en présenter un autre moins accusé vers 3000 Å.

L'actinomètre au bromure mercureux ne donne un courant mesurable qu'à partir de 4046 Å. Il présente un maximum très net pour 2967 Å.

Enfin l'actinomètre au chlorure mercureux commence à être sensible un peu avant 3130 Å. et présente un maximum pour 2536 Å. ou pour une longueur d'onde encore plus courte.

Le chlorure et le bromure mercureux ne sont donc sensibles que pour des radiations ultraviolettes, ce que j'avais déjà constaté en préparant avec ces substances des plaques photographiques [1].

---

[1] *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1389.

Quant à l'actinomètre à électrodes de mercure sulfurées (Tableau III), il donne, quand il est éclairé, des forces électromotrices beaucoup plus faibles *et de signe contraire* à celles observées sur les électrodes de mercure halogénées. Le maximum de sensibilité semble se produire pour 4046 Å.

Fluorescence du chlorure et du bromure mercureux. — Les radiations ultraviolettes reconnues comme agissantes sur les actinomètres à chlorure et à bromure mercureux rendent ces substances fluorescentes. La lumière de fluorescence *rose orangé* est nettement visible pour les radiations les plus intenses de l'arc au mercure : on peut la provoquer facilement avec les radiations 3660 et 3130 pour le bromure et avec 3130 et 3025 pour le chlorure. Ces substances employées seules (à l'état sec ou humide), ou sous forme de couches sensibles dans les actinomètres électrochimiques, ou enfin incorporées à la gélatine dans les plaques photographiques, montrent toujours l'effet signalé. Le bromure et le chlorure mercuriques, par contre, ne paraissent pas fluorescents.

Il serait possible de relier le phénomène de fluorescence à celui de la sensibilité à la lumière du bromure et du chlorure mercureux, en admettant que l'état stable de ces substances est modifié par la lumière ultraviolette et que le passage d'un état stable à un autre se fait avec émission de radiations de plus grande longueur d'onde que celle de la lumière excitatrice. On serait ici dans le cas doublement favorable où les radiations émises par la substance qui se transforme sont à la fois assez intenses et d'une longueur d'onde convenable pour que le phénomène soit visible.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés de la méthyl-7-isatine.*

Note de MM. A. **Wahl** et Th. **Faivret**, présentée par M. A. Haller.

Dans le but de généraliser les réactions de l'isatine, observées par l'un de nous avec plusieurs collaborateurs [1], nous avons entrepris l'étude des réactions correspondantes de la méthyl-7-isatine que nous avons préparée d'après la méthode de Sandmeyer [2].

La méthyl-7-isatine réagit avec l'oxindol comme l'isatine; ainsi, en chauffant les deux composés, en proportions moléculaires au sein d'acide acé-

(1) A. Wahl et P. Boggard. *Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 132 et 714; t. 161, 1915, p. 898 et 1382. — A. Wahl et Hausen, *Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 1070; t. 178, 1924, p. 214 et 394.

(2) Sandmeyer, *Helvetica Chim. Acta*, t. 2, 1919, p. 243.

tique légèrement chlorhydrique, la solution se colore et laisse déposer un précipité rouge brun. Cristallisé dans le mélange de pyridine et d'alcool, il forme de petits cristaux bruns, brillants, dont la composition et les propriétés sont celles de la *méthyl-7-isoindigotine* formée d'après

CO CH² CO + CO CH³ NH NH = H^2O + C = C CO . CO CH³ NH NH

Chauffée en solution acétique, avec de la poudre de zinc, la méthyl-7-isoindigotine se décolore et donne un composé cristallisé en aiguilles blanches fondant aux environs de 310-315°, et possédant la composition de la *leuco-méthyl-7-isoindigotine* $C^{17}H^{14}O^2N^2$. Ce corps est soluble dans les alcalis caustiques étendus, et la solution incolore se couvre à l'air d'une pellicule rouge du colorant primitif.

La méthyl-7-isoindigotine se dissout à froid dans l'acide sulfurique concentré, qu'elle colore en rouge; à chaud, il se produit une sulfonation. La solution sulfurique étendue d'eau précipite alors, par addition de chlorure de sodium, un sel sodique qui, cristallisé dans l'eau, forme des cristaux rouge brun du *méthyl-7-isoindigotine disulfonate de sodium*

$$C^{17}H^{10}O^8N^2S^2Na^2 + 5H^2O;$$

le *sel de potassium* cristallise avec $3H^2O$ et, par double décomposition, ils fournissent le *sel de baryum* avec $6H^2O$ et le *sel d'argent* avec $\frac{1}{2}H^2O$. Le sel de sodium teint la laine en nuance orangé, plus jaunâtre que celle de l'isoindigotine non méthylée.

Si l'on fait réagir la méthyl-7-isatine sur l'oxindol, en milieu alcoolique, en présence de pipéridine, il se forme un composé incolore, peu soluble, dont la composition est celle du *méthyl-7-isatane* qui a pris naissance par addition des substances réagissantes :

CO CO CH³ N + CH² CO NH = C(OH) — CH CO CO CH³ NH NH

Comme l'isatane, le méthyl-7-isatane se déshydrate sous l'influence de la chaleur ou de l'acide sulfurique pour donner le méthyl-7-isoindigo; projeté sur le mercure chaud, il fond vers 259° en se colorant.

Désirant préparer la diméthyl-7.7′-isoindigotine, nous avons utilisé la méthode qui a permis à Laurent d'isoler l'indine. Dans ce but, nous avons d'abord transformé la méthyl-7-isatine en diméthyl-disulfisatide en la traitant par l'hydrogène sulfuré, en milieu alcoolique. Il se forme un précipité peu coloré, qui, débarrassé du soufre par épuisement avec du sulfure de carbone, n'a pu être cristallisé par suite de sa faible solubilité. Bien que la teneur en soufre corresponde à celle de la diméthyl-7.7′-disulfisatide (S pour 100 : trouvé 17,83; calculé, 18,00), le produit ne paraît pas homogène. Traité par la soude caustique ou le carbonate de soude, chaud, il fournit un composé rouge, qui renferme la diméthyl-isoindigotine cherchée. Celle-ci n'a pu être isolée, car elle est insoluble dans tous les dissolvants. Mais nous avons pu démontrer sa présence en sulfonant le produit brut et en isolant les sels cristallisés de l'acide disulfonique. Le diméthyl-7.7′-*isoindigotine disulfonate de sodium* cristallise avec $6H^2O$, le *sel de potassium* avec $4H^2O$, le *sel de baryum* avec $4H^2O$ et le *sel d'argent* avec $5H^2O$.

Le sel de sodium teint la laine en nuance orange légèrement plus jaunâtre que celle du dérivé monométhylé.

Enfin nous avons fait agir le chlorure de la méthyl-7-isatine sur l'oxindol en milieu benzénique dans les conditions qui ont servi à l'un de nous à réaliser la synthèse de l'indirubine. La solution violette dépose sur les parois du vase un produit solide duquel on isole la méthylindirubine par épuisement avec de la benzine, puis avec de l'alcool méthylique. Finalement, le colorant est purifié par sublimation dans le vide : il forme alors des aiguilles brunes à reflets cuivrés, présentant les caractères qu'on peut attendre de la *méthyl-7-indirubine* formée suivant :

CO, CCl, CH^3 N + CH^2, CO, N = HCl + CO, C, CH^3 NH = C, CO, N

Ce colorant a déjà été obtenu en condensant le méthyl-7-indoxyle avec l'isatine, mais n'a pas été décrit davantage, car il a servi à préparer directement le dérivé bromé qui constitue le violet helindone D utilisé comme colorant de cuve [1].

---

(1) Farbwerke de Hœchst, brevet français n° 42096 du 4 octobre 1910.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Types morphologiques des terrains calcaires. Le Holokarst.* Note de M. **Jovan Cvijic**, présentée par M. Pierre Termier.

La notion du karst est déduite surtout de l'étude du karst dinarique. Mais elle ne saurait être complètement appliquée à tous les pays calcaires. Depuis longtemps on a attiré l'attention sur les différences morphologiques et hydrographiques des divers compartiments du karst dinarique lui-même. A plus forte raison a-t-on pu noter de nombreux contrastes avec les autres régions de la terre formées de calcaire marneux, de craie et de dolomies très magnésiennes. On reconnaît aussi des différences suivant que le climat est plus ou moins humide. La composition chimique des calcaires et le climat ne sont pas seuls à considérer : le développement des formes karstiques suivra un autre cours si les couches sont restées horizontales ou sont fortement redressées ; si le calcaire affleure à nu ou est recouvert par d'autres dépôts, enfin s'il présente ou non des intercalations de couches imperméables. L'influence de ces divers facteurs détermine des différences morphologiques et hydrographiques considérables entre les régions calcaires. Certaines formes karstiques très développées dans une région manquent complètement dans une autre. Le régime de l'hydrographie souterraine change avec la position de la nappe d'eau ou du réseau aquifère qui est réglée par la profondeur et le caractère de la surface de la couche imperméable sous-jacente. Il en résulte que l'évolution même du relief ne suivra pas le même cours dans les différentes régions calcaires.

Il faut d'abord définir les principaux types actuels des régions calcaires en les classant, d'après le développement des phénomènes karstiques plus ou moins complet, en groupes caractérisés par une dénomination collective qui embrassent tous leurs caractères essentiels. Ensuite il faut établir les évolutions morphologiques et hydrographiques diverses parcourues par ces types calcaires.

Nous distinguons d'abord deux groupes de régions calcaires, différents au point de vue des caractères karstiques et nettement séparés l'un de l'autre par tous les phénomènes géographiques, relief, hydrographie, nature du sol et de la végétation même le plus souvent aussi bien que par l'influence de ces faits sur la vie humaine. D'un côté les régions offrant tous les phénomènes caractéristiques du Karst, le Karst complet ou *Holokarst;* de l'autre, les régions où ces phénomènes sont imparfaitement développés, le Karst

imparfait ou *Merokarst;* un troisième groupe comprend les types de transition, offrant deux branches principales, le *type des Causses* et le *type karstique du Jura*.

Le Holokarst. — C'est le Karst complet dans lequel toutes les formes karstiques sont parfaitement développées ainsi que l'hydrographie souterraine ; les possibilités de l'évolution sont presque illimitées dans le sens horizontal, à la surface du sol, aussi bien que dans le sens vertical, dans la profondeur ou à l'intérieur des blocs calcaires. C'est que le Holokarst est constitué de calcaires purs et très puissants, occupant les sommets les plus élevés et descendant au-dessous du niveau de la mer. Les couches sont le plus souvent redressées et coupées par des diaclases, offrant ainsi de nombreuses prises à l'érosion karstique. Dans ces blocs puissants, les roches imperméables ne manquent pas complètement : mais étant rares et minces, elles disparaissent presque en comparaison avec la grande extension du calcaire et son épaisseur extraordinaire ; par suite elles n'empêchent pas la circulation souterraine de s'accomplir : les eaux souterraines contournent ou passent au-dessous des couches imperméables. Néanmoins ces couches exercent une influence locale sur l'hydrographie et le développement des formes karstiques. Le réseau aquifère ou la nappe d'eau souterraine reposant sur la couche imperméable se trouve à une grande profondeur. L'évolution des formes et de l'hydrographie sera purement karstique sans intervention de l'érosion normale qui se fait sentir dans tous les autres types calcaires. Ce n'est que dans le Holokarst que les vrais poljes karstiques avec leurs phénomènes hydrographiques spéciaux ont pu se développer complètement.

Le meilleur exemple de Karst complet est offert par la région dinarique et par le Karst du Péloponèse, en Grèce. Il est probable qu'à ce groupe appartiennent aussi certaines régions calcaires de l'Asie Mineure, surtout de la Lycie et de l'île de Jamaïca.

Le Holokarst dinarique. — Il y a dans le Karst dinarique deux régions différentes au point de vue des phénomènes karstiques : la partie occidentale bordée par la mer Adriatique qui représente le Holokarst, et la partie de l'Est, plus étendue, qui se rattache plutôt au type de transition, tantôt à celui des Causses, tantôt à celui du Jura. Elles sont séparées par une série de dépressions, orientées dans le sens dinarique, du Nord-Ouest au Sud-Est, à partir du bassin de Ljubljana, en passant par Karlovac, en Croatie, la vallée supérieure longitudinale de Vrbas dans la Bosnie, la vallée de la Rama jusqu'à son confluent avec la Neretva (Narenta), la vallée supérieure

longitudinale de la Neretva, les poljès karstiques de Gacko et de Niksic et les vallées de la Zeta et de la Moraca jusqu'à l'embouchure de celle-ci dans le lac de Skadar (Scutari).

Le Holokarst dinarique est constitué par une bande de calcaire et de dolomie allant du Triglav en Slovénie jusqu'à Scutari, d'une longueur de 700^{km} et dont la largeur atteint souvent 60 à 100^{km}. Le calcaire et la dolomie sont d'âge différent : Trias supérieur, Jurassique, Crétacé et Nummulitique jusqu'au conglomérat paléogène de Promina en Dalmatie. Les schistes, les grès et les quartzites du Carbonifère et les schistes du Trias inférieur n'affleurent que très rarement à la surface, et ces affleurements sont dus à des dislocations, soit à des failles longitudinales, soit à des chevauchements le long desquels les couches imperméables sont mises à jour par l'érosion. Toutes les couches calcaires sont plissées, et les plis sont poussés vers l'Ouest, vers la mer Adriatique, la pression tectonique s'exerçant du Nord-Est et de l'Est. Presque sur toute leur longueur, de Fiume à Scutari, les couches calcaires s'enfoncent sous la mer. Leur substratum, constitué par des roches imperméables se trouve dans une profondeur inconnue. Il faut ajouter que ces calcaires ne sont presque jamais recouverts par des couches plus jeunes; il y a dans la partie littorale adriatique des grès et des marnes du flysch, mais ces couches fortement plissées, affleurent à côté du calcaire et ne le recouvrent presque jamais. Quant aux couches d'eau douce d'âge oligomiocène et plus jeunes, elles ne se rencontrent que dans les poljès. C'est dans le Holokarst dinarique que toutes les formes et tous les phénomènes hydrographiques sont les mieux developpés sur la terre.

GÉOPHYSIQUE. — *Relations entre diverses discontinuités météorologiques et les oscillations hertziennes parasites au voisinage des chaînes de montagnes.* Note de M. **Jean Lugeon**, transmise par M. G. Ferrié.

De 1919 à 1922, j'ai noté régulièrement, à Lausanne, la nature, l'intensité et la direction des parasites recueillis par un appareil à plusieurs triodes, pourvu d'un dispositif radiogoniométrique et d'accessoires pour l'enregistrement. J'ai poursuivi cette tâche à Zurich pendant l'année 1924, avec l'aide de quelques collaborateurs.

Faisant abstraction, ici, des perturbations appartenant exclusivement aux systèmes orageux locaux, on observe, d'une manière générale :

1° Que les parasites diffèrent beaucoup entre la plaine, les vallées et la haute montagne;

2° Que leur corrélation aux situations météorologiques continentales est difficilement reconnaissable;

3° Qu'ils semblent, au contraire, être en rapport direct avec l'état électrique et le temps présent sur l'ensemble des Alpes et du Jura.

Des observations simultanées, à des altitudes diverses, montrent qu'aux variations moyennes du gradient vertical de température correspondent presque toutes les variations importantes des décharges.

Ces faits, confirmés par plusieurs statistiques, m'ont poussé à chercher, comme d'autres auteurs l'ont déjà fait depuis que J. Bjerknes a prouvé l'évidence des discontinuités, s'il existe effectivement des relations de causalité entre les parasites et le déplacement des fronts.

Pendant le passage des quelques fronts types de l'année 1924, des écoutes, faites d'heure en heure, montrent une périodicité manifeste et une superposition dans les phases de deux phénomènes. Ainsi, sans être déjà autorisé à tirer des conclusions nettes, on ose dire qu'immanquablement toute masse d'air chaud ou tropical, attaquant les sommets au-dessus de 3000-4000^{m} dans son mouvement ouest-est, entraîne sous elle une zone d'augmentation très forte des décharges, alors que les stations de haute montagne enregistrent au contraire une forte diminution. Lorsque la surface de discontinuité atteint les sommets du Jura franco-suisse, les crépitements et roulements sont à leur maximum sur le plateau et dans les fonds de vallée. Puis ils diminuent rapidement, s'annulent souvent et reprennent, faibles, au voisinage de la zone pluvieuse caractérisée par des claquements connus. Un peu plus tard leur régime est régulier à toute altitude.

Au passage des fronts froids, des lignes d'occlusion ou des pseudo-fronts, le phénomène est autre et moins net dans son ensemble. Pendant les quatre saisons et d'une manière générale, si le gradient barométrique est faible et l'échange d'air lent, il n'est pas possible de percevoir si ces passages ont une influence quelconque sur les parasites. Les décharges sont nombreuses, diverses, en moyennes fortes et diminuent dans la zone des précipitations. Par gradient plus accentué et front froid type, une agitation se fait sentir sur 100 à 150^{km} avant l'ascension du Jura par les masses froides.

Dès que l'air froid a franchi cette première barrière, les décharges augmentent considérablement, envahissant très vite le plateau, tout en restant faibles en altitudes. Elles atteignent les sommets une heure ou deux avant

que le gradient thermique ait changé de signe. L'inversion de température partielle, qui est souvent la caractéristique de ces passages, est un indice certain d'instabilité électrique. Dès que l'équilibre se rétablit, peu après le balayage du pays, les parasites ont pris leur retraite en commençant par les bas.

Des données, trop peu nombreuses jusqu'ici, sur la direction des maxima d'intensité au passage des fronts, ne m'ont pas permis de trouver une liaison certaine entre les champs dynamiques, thermiques et électriques que créent ces discontinuités. Il est toutefois remarquable de constater que les directions radiogoniométriques trouvées dans presque toutes les vallées encaissées se confondent avec le sens descendant du thalweg avant les baisses de température et avec le sens montant par temps de fœhn ou hausse.

L'influence électrique de ces sauts de température, au remplissage des dépressions topographiques par les fleuves d'air froid, est démontrée dans quelques cas bien typiques. Ainsi une station située à 2000^{m}, au-dessus d'une autre fort troublée dans un creux de vallée, n'a enregistré, pour ainsi dire, aucun parasite jusqu'à ce qu'elle soit elle-même enveloppée par les masses nuageuses condensées au contact du flot montant. Dans un ordre d'idée analogue, on constate, entre la plaine et la montagne, un régime de parasites bien différent pendant la saison hivernale, lorsqu'en situation anticyclonique et par de fortes inversions de température, les brouillards élevés du strato-cumulus couvrent le plateau. La couche ionisée homogène et calme forme peut-être pendant la journée un écran qui s'oppose, en une certaine mesure, à la pénétration des perturbations très lointaines enregistrées alors en altitude.

Cette étude doit montrer que les régions montagneuses de l'Europe centrale, grâce à leur situation en marge des grands mouvements atmosphériques du continent, offrent un véritable laboratoire pour l'étude des causes complexes de ces oscillations hertziennes naturelles. Un certain nombre de conclusions préliminaires s'imposent déjà :

1° L'intensité, la fréquence, la nature et la direction des parasites varient avec l'altitude;

2° Cette variation est en liaison étroite avec les oscillations du gradient vertical de température. Un refroidissement a tendance à exagérer le phénomène, un réchauffement à le diminuer;

3° Les couches d'air au voisinage du sol sont beaucoup plus troublées qu'en altitude;

4° A part les parasites d'origine lointaine prouvée, la distance de propagation des perturbations naissant dans les zones inférieures ne semblent pas dépasser 250^{km} et reste presque toujours inférieure à 150^{km} dans les régions montagneuses.

Interprétation hypothétique : les foyers de condensation de la vapeur d'eau appartenant aux discontinuités météorologiques émanent des oscillations hertziennes très amorties. Les changements brusques du degré d'ionisation de l'air agité entrent pour une grande part dans ces formations.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur une discontinuité stationnaire en Méditerranée occidentale.* Note de M. L. **Petitjean**, présentée par M. Bigourdan.

La persistance, fréquente en hiver, de massifs anticycloniques sur l'Espagne et sur l'Afrique du Nord permet la formation d'une discontinuité stationnaire entre l'air polaire et l'air tropical. La stabilité en est remarquable tant que la pression reste élevée sur les Hauts-Plateaux ibériques et algériens. Les cartes isobariques détaillées en décèlent l'existence par la présence d'un couloir de pressions plus basses séparant les deux anticyclones et reliant, à travers le détroit de Gibraltar, deux minima relatifs situés à l'ouest du Maroc et sur le bassin occidental de la Méditerranée. La discontinuité court le long de ce couloir; elle est parfois rompue momentanément lorsqu'une dorsale réunit les anticyclones entre deux thalwegs se dirigeant respectivement vers les deux minima relatifs; elle n'en subsiste pas moins de part et d'autre de la dorsale.

La surface de discontinuité est ondulée et se compose d'une succession de fronts chauds et de fronts froids, répartis suivant la prédominance locale du courant tropical et du courant polaire. Ce dernier progressant généralement par fractions successives, chaque front froid principal est accompagné de froids secondaires. La variation diurne de la température, importante sur les Hauts-Plateaux, favorise l'arrivée de fronts froids lorsque l'air polaire passe, pendant la nuit, au-dessus de l'Espagne; inversement, le relèvement de la température en Afrique du Nord, pendant le jour, contribue à faciliter le passage de l'air tropical jusqu'en Méditerranée.

Pendant l'hiver, la température de l'air des couches inférieures diffère généralement peu, à l'est du détroit de Gibraltar, sur le littoral espagnol et sur le littoral nord-africain, et la discontinuité se trouve, de ce fait,

reportée en altitude : il y a « occlusion » de l'air tropical. La disposition habituelle est celle indiquée par J. Bjerknes et H. Solberg sous le nom d' « occlusion du type *a* » [1] : l'air polaire arrive en Méditerranée occidentale suivant une direction comprise entre le Nord et l'Ouest; il chasse l'air tropical qui s'élève, en déviant vers la gauche, au-dessus d'un air plus froid que lui et toutefois moins froid que l'air polaire.

Les nuages qui accompagnent une telle « occlusion » sont souvent les mêmes que ceux qui résulteraient de l'association d'un front chaud antérieur et d'un front froid postérieur. Il n'en est cependant pas toujours ainsi en Méditerranée et en Afrique du Nord : si, par exemple, le contraste entre les températures de l'air tropical et de l'air froid situé en avant de l' « occlusion » est insuffisant pour permettre au premier d'atteindre le niveau des cirrus, on n'observe que des bancs d'alto-cumulus et des rouleaux de strato-cumulus avant l'arrivée des nimbus. Si, de plus, la vitesse de propagation de l'air polaire est faible, le contraste entre les températures de cet air et de l'air moins froid qui le précède, s'atténue; les nimbus se raréfient et peuvent même faire défaut. Lorsque l'irruption de l'air polaire est brusque, le passage des nuages élevés aux nuages bas s'opère sans transition et avec une grande rapidité dans l'ordre suivant : cirrus, cirro-cumulus, alto-cumulus, strato-cumulus, nimbus. L'alignement en bandes parallèles des nuages du type cirro-cumulus et alto-cumulus confirme l'hypothèse d'un mouvement ondulatoire entre couches animées de vitesses différentes. La dissolution du sommet de ces nuages dans la couche supérieure, plus rapide et plus sèche, est mise en évidence par l'apparition de filaments noyés dans une sorte de brume.

L'énumération de ces cas particuliers d' « occlusion » montre que la connaissance des températures des masses d'air en présence et de la vitesse de propagation de l'air polaire à différentes altitudes suffit pour indiquer aux navigateurs aériens en Méditerranée occidentale la nature et le niveau des nuages qu'ils rencontreront au cours d'une traversée.

---

(1) Cf. J. Bjerknes et H. Solberg, *L'évolution des cyclones et la circulation atmosphérique d'après la théorie du front polaire* (*Mémorial de l'Office national météorologique de France*, t. 6, 1923, p. 89).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure et chimisme dans la betterave*. Note de MM. **H. Colin** et **A. Grandsire**, présentée par M. L. Guignard.

Sur la section transverse d'une racine de betterave, on se rend compte immédiatement de la répartition des éléments vasculaires : au centre, un simple cordon libéro-ligneux (formations normales, primaires et secondaires); dans le corps de la racine, plusieurs zones concentriques de faisceaux (formations tertiaires), séparées les uns des autres par du parenchyme.

On trouverait difficilement un exemple mieux approprié à l'étude comparée du tissu conducteur et du parenchyme interstitiel. La direction des faisceaux n'est pas tellement confuse dans la souche de la betterave qu'on ne puisse isoler des fragments de pulpe, les uns exempts d'éléments vasculaires, les autres renfermant un ou plusieurs faisceaux libéro-ligneux. Ces prélèvements ne sont pas extrêmement commodes sur la betterave sucrière qui est toute en vaisseaux; les variétés fourragères s'y prêtent beaucoup mieux. Il est facile de tailler vers le milieu de la souche, normalement à l'axe, un cylindre de pulpe épais de 1^{cm} environ que l'on découpe ensuite, par des sections tangentes aux anneaux vasculaires, en fragments formés alternativement de tissu conjonctif et d'éléments conducteurs; chacun de ces échantillons est analysé séparément. Nous avons choisi de préférence la variété géante rouge qui présente seulement trois anneaux bien distincts; les analyses effectuées peu après l'arrachage ont porté sur de grosses racines de 3^{kg}, parfaitement régulières, mises à notre disposition par la maison de Vilmorin.

Matière sèche, cendres, sucres. — On a commencé par déterminer le degré d'hydratation des tissus, leur teneur en hydrates de carbone et en cendres. La matière sèche est toujours notablement plus abondante dans le tissu vasculaire; les sucres en sont l'élément essentiel et l'on savait déjà [1] que les faisceaux sont plus riches que le conjonctif en sucre total; les sels minéraux, au contraire, prédominent dans le parenchyme.

Voici les chiffres exacts pour 100 du poids frais. Les lettres P, F désignent respectivement le parenchyme et les faisceaux; les fragments se suivent, sans interruption, à partir du centre. Vers la périphérie, les

(1) H. Colin, *Comptes rendus*, t. 178, 1920, p. 2124, et *Bull. Chim. sucr.*, t. 42, 1924, p. 13.

anneaux vasculaires, à peine ébauchés, se pressent les uns contre les autres sans qu'il soit possible de les isoler du parenchyme; cette région, très spéciale, est désignée par la lettre E. On a laissé de côté l'axe vasculaire et la cuticule.

	P.	F.	P.	F.	P.	F.	P.	E.
Matière sèche...........	7,7	10,6	7,8	10,4	8,1	9,4	7,2	6,3
Sucre total...........	3,83	6,16	4,16	6,05	4,49	5,66	4,49	3,49
Cendres...............	0,98	0,48	0,85	0,46	0,85	0,72	0,81	1,01

Les écarts sont en réalité beaucoup plus considérables que ne l'indiquent les chiffres de ce tableau, pour la raison qu'il est impossible de mettre complètement à nu les éléments vasculaires. L'antagonisme souvent signalé d'une betterave à l'autre entre le sucre et les sels s'observe donc à l'intérieur d'une même racine. On s'explique ainsi la pauvreté en sucre et la haute teneur en sels des betteraves fourragères toujours peu vascularisées; on comprend, d'autre part, que les souches de dimensions exagérées laissent à désirer sous le rapport de la richesse saccharine, l'accroissement portant principalement sur les parenchymes.

La pénurie de sucre se trouve contre-balancée, dans le parenchyme interstitiel, par la concentration en électrolytes; l'indice de réfraction y est plus faible, mais la conductibilité électrique (pulpe 10^{g}, eau 100^{cm^3}) beaucoup plus grande que dans le tissu conducteur.

	P.	F.	P.	F.	P.	F.	P.	E.
Indice.........	1,345	1,349	1,344	1,349	1,346	1,347	1,347	1,345
Conductibilité..	0,00227	0,00168	0,00185	0,00133	0,00185	0,00140	0,00194	0,00201

La teneur en azote organique est sensiblement la même (0,14 pour 100 environ) pour le parenchyme et pour les faisceaux, ce qui revient à dire, en se référant au taux d'hydratation, que la matière sèche du conjonctif est plus riche en azote que celle du tissu vasculaire.

Ferments, sucrase et oxydases. — Le parenchyme contient deux fois plus de sucre réducteur que les faisceaux; on trouve pour 100 de substance fraîche :

	P.	F.	P.	F.	P.	F.	P.	E.
Sucre réducteur..............	0,49	0,20	0,74	0,37	0,66	0,37	0,74	0,54

Il n'est pas étonnant, dès lors, que les betteraves fourragères soient plus riches que les sucrières en réducteur libre et que leur réserve saccharine résiste beaucoup moins à l'inversion; soit teneur en sucrase, soit question de milieu, le pouvoir hydrolysant de la pulpe à l'égard du sucre de canne est

toujours plus fort dans le parenchyme. Nul doute qu'on ne puisse, en se basant sur ces données, sélectionner parmi les variétés sucrières, des lignées supportant mieux que d'autres l'épreuve des silos.

Les ferments oxydants sont localisés de préférence dans les faisceaux; on s'en rend compte en observant la teinte que prend la pulpe imprégnée d'une solution de tyrosine. L'axe et les anneaux intérieurs foncent rapidement; le parenchyme, sauf vers la périphérie, brunit à peine. D'une betterave à l'autre, on observe, à cet égard, des différences considérables sans que la richesse saccharine paraisse liée à la teneur en oxydases.

Réaction des tissus. — On admet généralement que le tissu libérien possède une réaction alcaline; autrement, dit-on, on ne saurait expliquer les isomérisations fréquentes qui se produisent chez les végétaux. Il est possible que l'alcalinité du liber soit réelle; elle n'est pas telle, en tout cas, dans la betterave, qu'on la puisse mettre en évidence par les indicateurs habituels; elle ne suffit pas à communiquer aux régions vascularisées une réaction différente de celle du parenchyme; partout, sauf à la périphérie de la souche, la valeur du P_H est voisine de 6. Ce qui est vrai, c'est que les cendres des faisceaux sont toujours fortement alcalines :

	P.	F.	P.	F.	P.	F.	P.	E.
SO^4H^2 pour 100 de cendres.	56	68	56	69	54	64	50	71

cela ne prouve rien d'autre que la prédominance, dans le tissu vasculaire, des sels organiques — neutres ou acides — de potasse et de chaux.

On voit par là combien la composition est variable à l'intérieur d'une même racine, en dépit de l'uniformité de la pression osmotique; le chimisme est lié intimement à la structure; une analyse ne peut donc inspirer confiance que si la prise d'essai porte sur l'ensemble des régions anatomiques.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la génération de la voix.*

Note (¹) de M. **Henri-Jean Frossard**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans diverses Notes présentées à l'Académie (²) et dans mes Ouvrages

(¹) Séance du 9 février 1925.

(²) *Sur le résonateur buccal* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 144); *Théorie mécanique de quelques tuyaux sonores, en particulier le larynx* (*Ibid.*, t. 153, 1911, p. 176 (en coll. avec M. Melchissédec); *Sur la voix chuchotée et en général l'écoulement d'un fluide sous pression dans un capsulisme allant de zéro à l'infini* (*Ibid.*, t. 158, 1914, p. 782).

imprimés ([1]) j'ai établi une théorie aérodynamique de la voix qui donne le premier rôle aux ventricules de Morgagni.

Ceux-ci constitueraient des capsulismes à réaction. L'air qui y est inclus, mis en vibration par le jet fluide sortant de la glotte dans des conditions données, cisaille ce jet, créant ainsi des sortes d'obus aériens qui se transforment dans la bouche et l'air extérieur en trains d'ondes sonores.

La forme du jet donnée par la glotte crée les voyelles. Le train d'onde troublé qui précède ou suit la phase de régime (ou voyelle) constitue l'*antesonne* ou la *postsonne* visible sur les enregistrements. Le mot consonne ne peut en effet être maintenu puisque ce bruit ne se produit pas *en même temps* mais *avant* ou *après* la voyelle.

Il résulte de cette théorie que seuls les bords des ventricules sont importants *quelle que soit leur constitution*, toutes choses égales d'ailleurs. La suppression de l'un ou de l'autre supprime la voix, mais la suppression des deux ne la supprime pas.

En effet si les distributeurs (anciennes cordes vocales inférieures) sont détruits seuls et les limitateurs (anciennes cordes vocales supérieures) conservés il peut encore se produire des sons mais inarticulés.

Si les limitateurs sont supprimés et les distributeurs conservés, comme dans certaines ulcérations tuberculeuses ou syphilitiques, le capsulisme est mécaniquement inexistant. Le malade peut chuchoter mais il ne peut plus parler à haute voix.

Mais si les deux systèmes sont enlevés et que le tissu cicatriciel rétablisse la connexion thyro-arytenoïdienne, les ventricules étant intacts, la voix devra survivre à cette ablation.

C'est en effet ce qui se produit et nous en trouvons la confirmation dans les résultats publiés par MM. Moure, Liébault et Canuyt ([2]) qui écrivent :

> Les malades ayant subi l'opération de la laryngo-trachéotomie parlent à haute et intelligible voix, bien qu'ils aient été privés non seulement de leurs cordes vocales, mais bien souvent des bandes ventriculaires et même d'une partie des replis ary-épiglottiques. Il se produit une véritable régénération intéressante et utile à connaître à cause du pronostic vocal de cette opération qui consiste à ouvrir le larynx et la trachée, à les vider complètement de leur tissu cicatriciel et souvent des parties soi-disant indispensables à la fonction vocale.

Plus récemment, à la Société de Laryngologie, d'Otologie et de Rhino-

---

([1]) *La science et l'art du chant*, 1914 (épuisé).

([2]) *Pathologie de guerre du larynx*. Alcan, éditeur, Paris, 1918.

logie de Paris (séance du 8 janvier 1925), M. Liébault « présente une malade qui avait depuis 10 ans un rétrécissement traumatique cicatriciel du larynx avec canule trachéale et chez laquelle il a fait une laryngostomie suivie de dilatation progressive, puis de plastique prélaryngée par la méthode du double lambeau à renversement. La malade, complètement guérie depuis 6 mois, respire librement sans canule et *parle à haute et intelligible voix, bien que les cordes vocales et les bandes ventriculaires aient été supprimées avec le tissu cicatriciel* au moment de l'opération de la laryngotomie. *Mais*, dit l'auteur, *les aryténoïdes sont restés mobiles, fonctionnent, et un plissement muqueux intralaryngé constitue une ébauche de cordes qui assure la vibration laryngée* » (1).

Voici donc des opérations qui ont toute la valeur d'une vérification expérimentale et qui montrent que ce n'est pas l'organe *anatomique* qui est nécessaire, mais sa disposition *mécanique*. Il reste toujours chez ces opérés les ventricules intacts et tout le système musculaire qui les entoure et qui suffit à en modifier les dimensions.

Ma théorie est donc vérifiée expérimentalement. Elle complète celle de Savart exposée il y a 100 ans (2) et semble détruire définitivement celle des cordes vocales vibrantes.

PHARMACODYNAMIE. — *Des propriétés hémostatiques de la pectine.* Note (3) de MM. **H. Violle** et **L. de Saint-Rat**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La pectine, substance d'origine végétale largement répandue dans les organes d'un grand nombre de plantes, jouit de propriétés hémostatiques prononcées.

Nous avons décrit antérieurement (4) les expériences mettant en évidence ce rôle anti-hémorragique de la pectine (5), tant chez l'homme que chez l'animal. Le sérum des sujets traités par la pectine emporte pour ainsi dire avec lui ses propriétés hémostatiques car des animaux préparés par des

---

(1) *Presse médicale*, 33e année, n° 7, 24 janvier 1925, p. 104.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, t. 30, 1825, p. 64.

(3) Séance du 16 février 1925.

(4) H. Violle et de Saint-Rat, *Acad. de Médecine*, t. 92, 4 novembre 1924, p. 1097.

(5) Préparée suivant les procédés de E. Bourquelot et Hérissey (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, t. 7, 1898, p. 473, et années suivantes).

injections de pectine ont un sérum qui, ajouté à du sang normal, hâte la formation du caillot.

Les solutions de pectine à 1 pour 100, soit pures, soit rendues isotoniques avec du chlorure de sodium, sont dépourvues de toute toxicité et de tout pouvoir anaphylactisant; elles augmentent, surtout après addition d'une très faible proportion de chlorure de calcium, ne dépassant pas $0^{g},50$ pour 1000 et agissant comme co-ferment ou co-diastase [1] le degré de coagulabilité du sang.

Il semble plausible d'admettre, quoique la nature même du phénomène soit difficilement explicable, que la pectine agit par elle-même et non par les produits pouvant résulter de sa désintégration.

En effet, à la suite d'inoculation de pectine par voie intraveineuse, le degré de coagulabilité du sang est très rapidement augmenté.

Cependant la pectine n'est pas encore détruite. On peut la mettre en évidence par une réaction spécifique et cela dans l'organisme même de l'animal.

In vitro, la pectine a la propriété de se coaguler sous l'influence de la pectase en présence des sels de calcium. Le corps nouvellement formé est du pectase de calcium [1].

In vivo, la même réaction peut être provoquée artificiellement, ainsi que nous l'avons remarqué.

Pour ce faire, il suffit d'injecter dans les veines, à des intervalles de temps rapprochés, une solution de pectine, puis une solution de pectase.

Nous avons rappelé plus haut que la pectine à elle seule est absolument atoxique; il en est de même de la pectase.

Voici une expérience probante :

100^{cm^3} de solution de pectine à 1 pour 100 sont inoculés dans les veines d'un lapin de 2^{kg} environ : aucune réaction.

20^{cm^3} de solution de pectase sont inoculés dans les veines d'un second lapin de 2^{kg} environ : aucune réaction.

Cette solution de pectase est préparée d'après une des méthodes de G. Bertrand et Mallèvre : 200^{g} de luzerne fraîche sont broyés au mortier de fer : le jus frais est saturé de chloroforme, décanté après 24 heures, et filtré au moment de l'emploi; le chloroforme est retiré par le vide.

---

(1) G. Bertrand et Mallèvre, *Comptes rendus*, t. **119**, 1894, p. 1012; t. **120**, 1895, p. 110 et 172; t. **121**, 1895, p. 726; *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. **13**, 1895, p. 77 et 252; t. **15**, 1896, p. 31.

100^{cm^3} de solution de pectine, puis 20^{cm^3} de solution de pecase, sont inoculés à dix minutes d'intervalle dans les veines d'un troisième lapin de 2^{kg} environ : dix minutes après l'inoculation, l'animal, jusqu'alors en parfait état, semble inquiet, s'agite, puis brusquement s'affaisse; il a des convulsions, des contractures tétaniques, des soubresauts; après quelques bâillements spasmodiques, il tombe dans le coma et meurt.

A l'autopsie, on trouve une congestion intense de tout le système porte, un foie énorme, un intestin congestionné, une rate normale, des poumons absolument sains, un cœur dilaté; le sang est liquide et les cavités cardiaques ne renferment généralement point de caillots sanguins.

Telles sont, très brièvement décrites, ces expériences que nous avons cru intéressantes à citer.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'élimination urinaire des alcaloïdes dérivés de l'isoquinoléine et en particulier de l'hydrastine.* Note de MM. **Ed. Bayle** et **René Fabre**, présentée par M. Guignard.

L'étude du sort, dans l'organisme, des alcaloïdes dérivés de l'isoquinoléine présente de l'intérêt en raison de la recherche toxicologique des alcaloïdes secondaires de l'opium, tels que la narcotine. Étant donné que la morphine est détruite dans l'organisme, en particulier dans le foie, comme l'a démontré l'un de nous [1], la recherche de la narcotine est susceptible de permettre à l'expert de donner des conclusions nettes, dans les cas d'empoisonnements par les préparations pharmaceutiques contenant tous les principes de l'opium, telles que le laudanum. Or, comme l'on connaît fort peu de réactions bien spécifiques de la narcotine, nous avons effectué des recherches préliminaires sur un alcaloïde très voisin, à savoir l'hydrastine, qui n'en diffère que par un groupe (OCH^3). Il semble, en effet, que des composés de structure chimique aussi voisine doivent subir des transformations de même ordre dans l'organisme.

L'hydrastine possède des propriétés de fluorescence que nous avons précédemment étudiées [2], et ce caractère permet l'identification de cet alcaloïde dans les produits extraits des viscères ou des urines.

Nous rappellerons à ce sujet que, si la solution de sulfate d'hydrastine

---

(1) *Journal de Ph. et de Ch.*, 7e série, t. 30, 1924, p. 183.
(2) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2181.

n'est pas fluorescente, au moment de sa préparation, elle le devient rapidement par suite de la formation par hydrolyse de sulfate d'hydrastinine, cette transformation étant activée par l'emploi de la chaleur ou d'une goutte d'H^2O^2. Cette réaction est extrêmement sensible et permet de déceler cet alcaloïde jusqu'à des dilutions inférieures à $\frac{1}{10^{10}}$. Aussi sa recherche dans les urines est-elle fort aisée en utilisant cette propriété.

L'urine contenant de l'hydrastine est épuisée en liqueur alcaline par l'éther. La solution éthérée est agitée sous la lampe à mercure avec un volume déterminé (10^{cm^3}) d'acide sulfurique à $\frac{1}{10}$. L'alcaloïde passe en solution sulfurique; celle-ci n'est pas fluorescente, mais le devient rapidement par agitation; elle est séparée et l'éther convenablement lavé. La solution d'alcaloïde est additionnée de 1 à 2 gouttes d'H^2O^2, et la transformation est complète en une demi-heure. La liqueur apparaît alors sous les radiations ultraviolettes en bleu clair, couleur caractéristique de la fluorescence de la solution sulfurique d'hydrastinine.

Nous nous sommes assurés que les principes fluorescents de l'urine normale, n'apportent aucun trouble à l'expérience, dans ces conditions opératoires.

Si, à l'urine contenant de l'hydrastine, on substitue une urine additionnée d'extrait fluide d'hydrastis, préparation qui contient à côté de l'hydrastine, de la berbèrine, celle-ci passe également en solution sulfurique au cours du traitement précédent. Or la berbèrine, qui est douée d'une faible fluorescence jaune à l'état cristallin, voit sa fluorescence exaltée en solution sulfurique, ce qui nuit à la netteté de l'observation. Mais si l'on recherche ces alcaloïdes dans l'urine de malades ayant absorbé de l'extrait fluide d'hydrastis, on constate que seule l'hydrastine est retrouvée, la berbèrine étant soit retenue, soit détruite dans l'organisme.

Il est dès lors possible de suivre l'élimination urinaire de l'hydrastine, après absorption de préparations pharmaceutiques d'hydrastis. Nous nous sommes adressés à l'extrait fluide, en raison de son titre constant de 2 pour 100 d'hydrastine.

Si, en première approximation, on examine les produits d'extraction d'urines de malades ayant pris $2^{gr},50$ de cette préparation, on constate que la fluorescence de la solution sulfurique d'alcaloïde est surtout appréciable dans l'urine du premier jour, les fluorescences des liquides émis les jours suivants étant très faibles et décroissant pour devenir nulles à partir du quatrième jour.

Afin d'évaluer quantitativement l'élimination, nous avons comparé spectrophotométriquement, par la technique précédemment publiée ([1]), les courbes représentant la

([1]) *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 6.

répartition de l'intensité lumineuse dans le spectre de fluorescence émise d'une part, par le produit retiré des urines, et, d'autre part, par des solutions témoins de titres déterminés.

On sait que l'intensité de la fluorescence n'est pas proportionnelle à la concentration. Nous avons pu faire des mesures avec des dilutions variant de $\frac{1}{1000}$ à $\frac{1}{10000}$, les fluorescences étant trop peu intenses pour permettre des déterminations exactes aux autres concentrations. L'intensité maxima a été constatée pour la dilution de $\frac{1}{2500}$ (1).

Or, si l'on effectue une mesure sur une solution alcaloïdique extraite d'urines de malades ayant absorbé 2g,50 d'extrait fluide d'hydrastis, c'est-à-dire 0g,05 d'hydrastine, on obtient une courbe coïncidant sensiblement avec celle tracée au milieu d'une solution à $\frac{1}{5000}$. Afin de nous assurer de l'exactitude de la mesure, nous avons fait la même détermination avec la solution précédente diluée à $\frac{1}{2}$. Les résultats obtenus concordent avec ceux que donne une solution à $\frac{1}{10000}$ (2).

Ces résultats nous permettent de conclure que dans l'urine du premier jour, la quantité d'hydrastine émise est à une concentration de $\frac{1}{5000}$ dans la solution sulfurique séparée.

La quantité éliminée les jours suivants étant trop faible pour être évaluée par spectrophotométrie, nous avons effectué la détermination précédente sur la totalité du liquide d'extraction des urines des quatre premiers jours. Les recherches faites dans le cas de quatre malades ayant absorbé la même dose d'hydrastine ont été concordantes, et nous pouvons conclure que 3 pour 100 environ de l'alcaloïde absorbé s'éliminent par les urines.

En résumé, nous avons constaté qu'une faible partie de l'hydrastine absorbée s'élimine par les urines; les essais physiques et chimiques que nous poursuivons sur la narcotine nous renseigneront sur le sort de ce composé dans les mêmes conditions.

---

(1) Nous avions antérieurement constaté que la fluorescence émise par une solution à $\frac{1}{10000}$ était plus notable que celle d'une solution à $\frac{1}{1000}$. Seul, l'emploi de la méthode que nous proposons peut permettre plus de précision et une évaluation exacte du maximum, étant données les faibles différences.

(2) Les courbes seront publiées, ainsi que les résultats numériques, dans un autre Recueil.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de la température sur le mouvement de translation de l'*Arcella vulgaris *Ehrenberg*. Note de MM. E. **Fauré-Fremiet** et **Boris Ephrussi**, présentée par M. Henneguy.

La vitesse de translation des cellules amiboïdes se déplaçant sur un support solide a été mesurée en fonction de la température chez des leucocytes et chez des Amœbiens.

Dans le premier cas, Wlassow et Sepp (1904), Jolly (1897, 1903), Comandon (1920), Mac Cutcheon (1923) mettent en évidence : 1° un maximum de température (42°); 2° une valeur du coefficient de température (accroissement de vitesse pour un intervalle de 10°) tel que $Q_{10} = 2$ entre 27° et 42°; 3° des valeurs plus fortes de Q_{10} au-dessous de 27°, la vitesse diminuant beaucoup plus vite que l'abaissement de température.

Dans le second cas, Pantin trouve : 1° un optimum de température à 20° pour deux Amibes marines du type *Limax*, et 2° un accroissement de vitesse qui n'est pas régulièrement proportionnel à l'accroissement de température de sorte que les valeurs de Q_{10} varient entre 7,3 (de 0° à 10°) et 2,17 de (10° à 20°).

Cet auteur suppose d'une part l'existence d'un facteur d'inhibition qui s'accroît avec la température et détermine le ralentissement, puis l'arrêt du mouvement au-dessus de l'optimum, et d'autre part l'influence de l'état physique du protoplasma, l'augmentation de sa viscosité aux basses températures s'opposant à la déformation amiboïde et créant ainsi une nouvelle cause de ralentissement et l'accroissement de la valeur de Q_{10}. Ces deux hypothèses s'appliquent évidemment aux cas des leucocytes.

On doit remarquer que le mouvement de translation d'une cellule amiboïde comporte au moins deux phénomènes distincts; d'une part la cellule manifeste par la formation des pseudopodes une déformation active que différents auteurs (Penard, Hyman, Chambers, etc.) expliquent par des changements localisés et réversibles de la viscosité ou de la rigidité protoplasmique; d'autre part, un mouvement d'ensemble qui a reçu diverses explications. Tandis que Jennings suppose un mouvement « roulant » de certaines Amibes, les observations de Penard sur *Hyallodiscus*, de Goodrich sur les cellules mésenchymateuses, de Tait sur les leucocytes (thigmocytes) amènent ce dernier auteur à définir un mouvement de glissement, indépendant de la déformation active qui pourrait s'exprimer en première approximation par des valeurs différentes de la tension superfi-

cielle au contact du solide suivant l'axe antéro-postérieur de la cellule; cette notion doit être rapprochée de celle du gradient de sensibilité ou d'activité pseudopodique établie par Hyman.

Il n'est pas prouvé que l'intensité de ces deux phénomènes soit également affectée par les variations de température, auquel cas les valeurs de Q_{10} citées ont une signification imprécise.

Pendant la translation très régulière de l'*Arcella vulgaris* (Ehrenberg) le mouvement de glissement semble prédominer; il s'accompagne cependant de la formation de pseudopodes. Les mesures du déplacement ont été effectuées de 30 en 30 secondes entre 10° et 40°; les vitesses trouvées ont permis de calculer les valeurs de Q_{10} pour différents intervalles de température.

On constate l'existence d'un maximum de température variable suivant les individus examinés mais toujours compris entre 32° et 40°, maximum pour lequel le glissement se ralentit et devient nul. Il semble qu'à ce stade la polarité cellulaire (exprimée par le gradient de Hyman) ait disparu, car la formation des pseudopodes reste très active, mais désordonnée; le cytoplasma extrêmement fluide s'étale brusquement dans toutes les directions en hernies confluentes; ce changement d'état tient lieu chez l'Arcelle du facteur d'inhibition reconnu par Pantin.

Entre 10° et le maximum la variation de vitesse en fonction de la température tend à se rapprocher d'une droite plus ou moins inclinée sur l'axe des X, suivant l'individu observé; il en résulte que pour chaque individu le coefficient Q_{10} varie très peu, mais s'il varie c'est dans le sens d'une diminution de sa valeur vers les basses températures; ces deux faits sont contraires aux résultats de Mac Cutcheon sur les leucocytes ([1]). Si l'on prend les valeurs moyennes relevées au cours d'une vingtaine de séries de mesures on trouve pour Q_{10} les valeurs suivantes :

Intervalles de températures.	Valeurs de Q_{10}.
10° à 15°	1,72
15 à 20	2,34
20 à 25	2,30
25 à 31	1,89
31 à 36	0,4 ou négatif

En ce qui concerne les températures comprises entre 20° et 25° ces chiffres

([1]) Pantin constate un fort accroissement de Q_{10} pour les températures inférieures à 10°.

sont du même ordre que ceux obtenus par Mac Cutcheon et Pantin, et leur valeur voisine de 2 a fait penser que l'intensité du mouvement amiboïde serait proportionnelle à la vitesse de quelques réactions chimiques intracellulaires.

Mais on a vu que le mouvement amiboïde est un phénomène complexe et les observations faites sur l'Arcelle ne donnent pas le droit d'utiliser les chiffres moyens qui viennent d'être cités pour caractériser la nature de ce mouvement. En effet, si la courbe de vitesse donnée par chaque individu est généralement régulière, la pente de cette courbe peut varier considérablement d'un individu à l'autre, ainsi que la valeur initiale de la vitesse de translation; à titre d'exemple, trois individus étudiés dans la zone 15°-25° ont donné les coefficients Q_{10} 1,46, 2,42 et 3,04; c'est-à-dire que leurs courbes de vitesses en fonction de la température diffèrent par leurs pentes et doivent se couper daus une région qui est le plus souvent comprise entre 22° et 14°.

D'autre part trois individus ont accusé à 20° des vitesses de translation de 51^{μ}, 65^{μ} et 89^{μ}, par minute, les coefficients Q_{10} ayant respectivement les valeurs 2,07, 1,95 et 1,95, que l'on peut considérer comme égales; les courbes sont donc parallèles mais distantes les unes des autres. Le mode et la vitesse de formation des pseudopodes ne peuvent être évalués numériquement, mais l'observation prouve que la viscosité protoplasmique doit varier avec la température dans une large mesure entre 10° et 30°, chez l'Arcelle comme chez toutes les cellules étudiées à ce point de vue (Heilbrunn, Chambers, Pantin, etc.); mais cette variation de viscosité, si importante quant à la formation des pseudopodes, ne semble agir que très faiblement sur la translation par glissement dont le coefficient Q_{10} varie très peu pour un individu donné. C'est peut-être ce qui distingue les courbes à tendance inéaire données par l'Arcelle des courbes en S données par les leucocytes (Mac Cutcheon). Les valeurs trouvées par Pantin pour les Amibes du type *Limax* font penser, malgé l'accroissement de Q_{10} aux températures voisines de 0°, que le mouvement de glissement prédomine aussi chez ces formes.

Conclusions. — Le mouvement de glissement présenté par des cellules amiboïdes ne peut être caractérisé par *un* coefficient de température, les valeurs de Q_{10} pouvant varier avec chaque individu étudié; si d'ailleurs on adopte le schéma proposé par Tait, il n'est pas nécessaire de supposer que ce mouvement, dont la complexité est encore mal définie, soit directement proportionnel à la vitesse d'une réaction chimique intracellulaire dont le coefficient de température se trouverait avoir une valeur voisine de 2.

ZOOLOGIE. — *La squelettisation des nématocystes des Cœlentérés.* Note ([1]) de M. **Robert Weill**, présentée par M. F. Mesnil.

La paroi capsulaire d'un nématocyste adulte de Cœlentéré est épaisse, rigide, très réfringente, alors que celle de son tube dévaginable est mince et flexible. Selon Allman (1871), la première est formée de deux couches dont l'interne seule se prolonge pour former le tube, et presque tous les auteurs ont adopté son opinion. Pour Iwanzoff (1896) aussi la paroi capsulaire est double, mais ce serait la couche externe qui se prolongerait en tube, l'interne étant la plus épaisse. Will (1909) croit que la paroi capsulaire est triple, observation qu'Ewald (1915) explique par la forte réfringence de la paroi qui, selon lui, est simple. La formation de ces parois et leurs variations de perméabilité au cours de la cnidogénèse ont été très discutées. Schneider (1904) admet que la membrane interne (*propria*) se forme très tôt; la substance de la membrane externe (*sclera*) se trouverait d'abord à l'intérieur de la capsule et diffuserait secondairement à travers la première. Il arrive à cette conception étrange par le raisonnement suivant : la capsule se développe, selon lui, avec un « tube externe » dont l'invagination secondaire serait provoquée par une aspiration de la capsule; la production d'un vide à l'intérieur de celle-ci serait due à l'exosmose de substance intracapsulaire; cette substance est celle de la sclera dont l'apparition coïncide précisément avec la disparition du tube externe. Tous les auteurs ont constaté que les stades jeunes de la cnidogénèse sont déformables et leur paroi très mince; tous ont supposé cette paroi perméable à l'eau et ont admis néanmoins que le fonctionnement des capsules immatures était très difficile à obtenir, sinon impossible; il fallait supposer par conséquent de grandes différences physiques et chimiques entre le contenu des capsules jeunes et celui des capsules adultes (Hadzi, 1907; Krasinska, 1914; Ewald, 1915).

Les figures données des capsules polaires des Cnidosporidies ne montrent pas de différences entre les parois de la capsule et celles du tube. Minchin (1912) et Davis (1917) les disent formées de la même substance. Elles ne semblent pas perméables à l'eau; leur élaboration n'a pas été décrite.

Selon Chatton (1914) la paroi capsulaire du cnidocyste du *Polykrikos* ne diffère pas de celle de l'ampoule et du tube. Elle se formerait par dépôt de chitine sur les parois internes de la vacuole cnidogène; la dévagination de

([1]) Séance du 16 février 1925.

l'appareil sous l'influence de l'eau de mer montre qu'elle est perméable à l'eau.

J'ai montré antérieurement ([1]) que les stades jeunes de la cnidogénèse des Cœlentérés et des Cnidosporidies éclatent sous l'influence de l'eau et donnent ainsi les images du « tube externe », considérées par tous mes prédécesseurs comme stades de développement; leur contenu capsulaire est donc déjà fonctionnel, leur paroi effectivement perméable à l'eau. Or j'ai montré ([2]) que, contrairement à l'opinion de Jacobsohn (1912), l'eau ne provoque pas la dévagination des capsules adultes; il restait donc à voir comment se formait la paroi définitive imperméable.

Mes recherches m'ont montré que la squelettisation des nématocystes des Cœlentérés comprend deux phénomènes : l'un consiste en la chitinisation ([3]) de la paroi primitive par un processus identique à celui décrit par Chatton dans la cnidogénèse du *Polykrikos;* il s'y surajoute un deuxième consistant en l'élaboration d'une coque externe au sein du protoplasme du nématoblaste.

Le tube du nématocyste adulte est, quoique flexible, infiniment plus résistant que celui des stades jeunes qui ne réussit pas, lors de sa dévagination intracellulaire, à sortir du nématoblaste. Un processus de squelettisation pareil à celui décrit par Chatton semble seul pouvoir expliquer les caractères chimiques particuliers que m'a montrés l'armature du tube, seule partie qui se forme en dehors de la vacuole cnidogène. Elle montre, en effet, comme le percuteur dans le cas du *Polykrikos*, des affinités particulières pour certains colorants; le violet-cristal, l'hématoxyline ferrique, presque tous les colorants basiques la colorent électivement. Quelle que soit sa morphologie par ailleurs extrêmement variable, elle seule est détruite (nématocystes d'Hydre, de Lucernaire, de *Corynactis viridis,* d'Actinies diverses) par les acides acétique et chlorhydrique, par la soude, la potasse, le réactif de Schweitzer, alors que le tube, beaucoup plus mince, leur résiste parfaitement. Je fais remarquer dès maintenant que ce processus de squelettisation a pour conséquence une identité de la constitution du tube sur toute sa longueur, contrairement à l'opinion d'Ewald, de Toppe (1910) et de Will.

La sclera, qui se forme ensuite, a des propriétés chimiques différentes de celles de la propria, avec laquelle elle forme la paroi capsulaire optiquement simple; elle seule résiste, dans les capsules perforantes d'Hydre, à la

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, t. 89, 14 décembre 1923, p. 1322.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, t. 92, séance du 13 février 1925, II (*sous presse*).

([3]) J'emploie ce terme sans attacher au mot chitine aucun sens chimique.

digestion peptique. Son imperméabilisation n'a pas toujours lieu au même moment; son début doit en général coïncider avec la différenciation de l'armature du tube; car celle-ci, comme l'avaient signalé tous les auteurs, ne débute qu'après la disparition du soi-disant tube externe, c'est-à-dire, en fait, après imperméabilisation de la paroi capsulaire. J'ai montré d'autre part (¹) que certains nématocystes d'Actinies, morphologiquement déjà adultes, se dévaginent encore sous l'influence de l'eau distillée, que leurs deux parois sont par conséquent perméables à l'eau.

J'ai signalé ailleurs (²) que la paroi capsulaire peut encore grandir lorsqu'elle est déjà bien formée, épaisse, réfringente. Ses propriétés optiques et sa taille sont donc aussi peu caractéristiques de la maturité de la capsule que l'est la possibilité de son fonctionnement. Or, tous les auteurs qui ont calculé la diminution de volume que subissent les capsules lors de leur dévagination n'ont toujours effectué que des mesures de moyenne, et cela sur des capsules dont la maturité leur paraissait prouvée précisément par ces deux caractères. La comparaison s'appliquait par conséquent à des choses non comparables, et seules seront utilisables les mesures effectuées sur une même capsule avant et après sa dévagination.

Je tire de ces observations les conclusions suivantes : 1° le nématocyste des Cœlentérés a primitivement, comme celui du *Polykrikos*, une paroi simple (*propria*) qui se squelettise par dépôt de substance chitinoïde sur les parois internes de la vacuole; le tube a une constitution identique sur toute sa longueur; 2° chez les Cœlentérés, le protoplasme sécrète autour de la *propria* une coque (*sclera*) confondue optiquement avec la première et capable de grandir; 3° la facilité de la réaction aux agents déterminant la dévagination varie, au cours de la cnidogénèse, en fonction de la perméabilité de la paroi capsulaire; 4° la paroi capsulaire définitive est finalement imperméable à l'eau; 5° le cnidocyste parfait du *Polykrikos* correspond rigoureusement aux nématocystes immatures des Cœlentérés : leur morphologie, le mode (³), le déterminisme et le mécanisme de leur fonctionnement, leur inutilité biologique enfin, sont les mêmes. La comparaison de leur développement devra montrer si cette identité correspond à une homologie phylogénétique ou à des analogies de convergence que l'inutilité biologique de ces organites, dans le cas du *Polykrikos*, semble, *a priori*, rendre improbable.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, t. 92, séance du 13 février 1925 (*sous presse*).

(²) *Comptes rendus*, t. 170, 1925, p. 327.

(³) *Comptes rendus*, t. 170, 1925, p. 474.

CHIMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur un nouveau processus du métabolisme des graisses de réserve. Butyrisation en dehors de la mamelle.* Note de M. **Maurice Piettre**, présentée par M. Lindet.

Physiologie pathologique. — Peu de travaux ont été faits sur l'utilisation chimique des graisses dans l'organisme; les seules recherches exécutées, d'ailleurs par la voie expérimentale, ont porté uniquement sur les acides gras à basse molécule. Dans les problèmes de cet ordre, dépassant le plus souvent la physiologie normale, il faut désormais recourir à l'étude des phénomènes ou des réactions pathologiques, c'est-à-dire recourir à la physiologie pathologique.

C'est dans cette voie que nous nous sommes engagé depuis 1909 au Laboratoire des Halles Centrales de Paris où, chaque jour, se trouve rassemblées en grand nombre les pièces pathologiques provenant des abattoirs et marchés de la capitale.

Nous résumerons aujourd'hui nos premières recherches sur les matières grasses mises en réserve dans les tissus animaux.

I. Dès 1910, nous avions étudié (1), à ce point de vue, certains états pathologiques, fréquents sur les moutons atteints de cachexie dont l'étiologie est encore restée indéterminée.

Dans un premier groupe de lésions, les masses adipeuses, au lieu d'être compactes, fermes, onctueuses, apparaissent au contraire peu denses, sèches, farineuses au toucher. Il s'agit de simples modifications histologiques des cellules graisseuses; les matières grasses sont chimiquement normales.

Dans un deuxième faisceau de lésions, les dépôts adipeux sont parsemés de petits îlots inflammatoires, à différente période d'évolution, avec prédominance des réactions phagocytaires. On constate ici une véritable digestion des graisses dont on peut suivre chimiquement les deux principales phases : 1° *Saponification* avec disparition de la glycérine et saturation plus ou moins importante des acides gras libres, par la chaux, les sels calciques

(1) Maurice Piettre, *Inspection des viandes et des aliments d'origine carnée* (Librairie J.-B. Baillère, Paris, t. 2, p. 100 à 118).

se déposant dans les cellules adipeuses sous forme de concrétions cristallines; 2° *résorption rapide de l'acide oléique*, plus attaquable que les autres acides gras saturés, en raison de sa liaison éthylénique en C^9. Le phénomène est peut-être encore plus complexe et mériterait sans doute d'être étudié à la lumière des faits nouveaux que nous allons exposer et qui se rapportent à la *butyrisation des graisses* dans l'organisme.

II. Sur les carcasses de bovidés adultes des deux sexes, mais le plus souvent de vieilles femelles laitières, on rencontre quelquefois au sein des masses graisseuses abdominales, qui couvrent les reins et tapissent la cavité pelvienne, des foyers inflammatoires plus ou moins étendus aux différentes phases de l'inflammation.

Les lésions subaiguës et surtout chroniques avec forte réaction fibreuse sont les plus fréquentes, l'énucléation de ces foyers est facile.

Après avoir séparé du parenchyme sain l'un de ceux-ci, si l'on en traite le tissu finement broyé par de l'alcool éthylique à 95°, au bain-marie bouillant, on arrive, par lente évaporation à froid, à isoler de la trimyristine cristallisée que l'on débarrasse des glycérides supérieurs, par une série d'épuisement à froid, à l'aide d'alcool-éther à parties égales, mélange dans lequel ceux-ci sont beaucoup plus solubles que celle-là.

La présence inattendue de myristine nous a conduit à rechercher l'existence des autres glycérides inférieurs qui l'accompagnent dans le lait et le beurre ([1]).

Nous avons appliqué à ces graisses pathologiques la technique du dosage des acides gras volatils, solubles et insolubles, utilisée pour l'analyse des beurres.

Voici les résultats obtenus dans quatre cas (vaches laitières) :

	Pour 100.				
	Indice d'iode.	Myristine isolée.	Acides volatils solubles.	Acides volatils insolubles.	Rapport Müntz-Coudon.
I. Lésion chronique.....	34,88	12,54	2,73	0,282	10,3
II. » subaiguë......	35,0	3,4	1,92	0,15	7,81
III. » aiguë.........	37,8	1,7	1,23	0,21	17,04
IV. » chronique.....	34,49	5,34	1,96	0,19	9,69

D'une ancienne lésion chronique sur un vieux taureau limousin, la

([1]) M. PIETTRE et C. ROELAND, *Comptes rendus*, t. 178, 1924, p. 2283.

matière grasse isolée, par simple pression, possédait toutes propriétés organoleptiques d'un véritable beurre.

Indice d'iode.	Myristine.	Acides volatils solubles.	Acides volatils insolubles.	Rapport Müntz-Coudon.
47,97	4,6	0,565	0,264	46,88

Enfin, nous avons eu l'occasion d'étudier, dans une fracture esquilleuse récente du fémur chez un bœuf, la matière grasse échappée du canal médullaire et répandue en fins tortillons au milieu de l'énorme foyer hémorragique.

Indice d'iode.	Myristine.	Acides solubles.	Acides insolubles.	Rapport Müntz-Coudon.
35,13	1,85	2,8	0,158	5,64

Ce dernier cas montre que la butyrisation débute très vite dans les lésions inflammatoires aiguës.

Conclusion. — La présence de trimyristine dans les graisses pathologiques est l'indice d'une désintégration profonde de la molécule grasse; elle fait prévoir l'existence d'autres glycérides inférieurs, comme on en rencontre dans le lait.

La coexistence de ces glycérides inférieurs caractérise la *butyrisation.*

La butyrisation n'est pas une propriété absolument spéciale à la mamelle puisqu'on peut la constater dans d'autres tissus. Étant donnée l'abondance de leucocytes aussi bien dans le tissus adipeux enflammé que dans le parenchyme mammaire en activité, il paraît logique de songer à une action diastasique de ces éléments lymphatiques et peut-être même de tenter *in vitro* la butyrisation des graisses animales.

Le tissu adipeux, de composition relativement simple, permettrait sans doute d'étudier plus aisément que dans la mamelle, le mécanisme resté jusque-là inconnu de la butyrisation, c'est-à-dire de surprendre le processus chimique par lequel des chaînes longues en C^{16} et C^{18} sont fragmentées en de plus courts chaînons C^{14}, C^{10}, C^{8}, C^{6}, C^{4}, sans que paraisse avoir été touchée la fonction étherglycérique des graisses.

MÉDECINE. — *Action de l'arsenic sur le paludisme à* P. vivax. Note de M. E. **Marchoux**, présentée par M. Roux.

La fièvre intermittente peut être causée chez l'homme par trois parasites de caractères différents. L'un, *Plasmodium malariæ*, évolue en 72 heures et provoque la fièvre quarte; le deuxième, *P. vivax*, complète en 48 heures son cycle évolutif et cause la fièvre tierce bénigne; le troisième, *P. falciparum*, dont la durée d'évolution de 48 heures, présentant moins de fixité, subit généralement une avance et qui donne lieu à la fièvre dite tropicale ou tierce maligne. S'agit-il d'un seul et unique parasite susceptible de subir des variations morphologiques et biologiques suivant les circonstances, ou de trois parasites différents? La discussion à ce sujet n'est pas close et les biologistes se partagent encore en unicistes et en pluralistes.

Nous avons déjà fait connaître l'action rapide du stovarsol (acide acétylaminophénylarsinique) comme agent thérapeutique du paludisme à *P. vivax* [1]. Il paraissait important de vérifier si cette activité remarquable se maintenait vis-à-vis du paludisme algérien. Grâce à l'aide précieuse que nous ont prêtée les autorités administratives, en même temps que nos collègues de l'Institut Pasteur d'Alger, les frères Sergent, et que nos confrères les docteurs Tardres et Vogt, nous avons pu disposer d'un vaste champ d'étude, à Marengo, chef-lieu de canton situé à l'extrémité occidentale de la riche plaine de la Mitidja.

136 personnes examinées nous ont fourni 44 porteurs de germes, dont 19 hébergeaient le *P. malariæ*, 13 le *P. falciparum* et 12 le *P. vivax*.

Le stovarsol a été employé sous deux formes :

1° En comprimés administrés par la bouche à la dose suffisante de 1^g chez les adultes, de $0^g,37$ à $0^g,50$ chez les enfants suivant leur âge.

2° Le stovarsol sodique dissous dans l'eau bidistillée a été injecté aux mêmes doses soit dans les veines, soit dans les muscles ou sous la peau.

Quelle que soit la forme employée ou le mode d'administration, le *P. vivax* disparaît rapidement, les deux autres hématozoaires ne sont pas touchés. Un malade porteur à la fois de *P. vivax* et de *P. falciparum* fut débarrassé du premier, mais conserva le second.

---

(1) E. Marchoux et Cohen, *Le Stovarsol est contre le paludisme au moins aussi actif que la quinine* (*C. R. Soc. Biol.*, 1925, t. 92, p. 132).

De ces observations thérapeutiques découlent deux conclusions :

1° Cette indifférence de *P. malariæ* et de *P. falciparum*, opposée à la sensibilité de *P. vivax*, constitue une preuve de plus en faveur de la pluralité des germes qui ne doivent point être regardés comme trois variétés de la même espèce, mais comme trois espèces distinctes.

2° Si la quinine s'est montrée active à la fois sur les trois parasites, il n'en est pas jusqu'ici de même en ce qui concerne l'arsenic. Depuis très longtemps l'arsenic est employé avec plus ou moins de succès par les thérapeutes. Nous voyons que les divergences de vues se justifient par l'action des composés arsenicaux employés jusqu'ici, action qui s'exerce exclusivement sur l'un des trois *Plasmodium* qui causent le paludisme, le *P. vivax*.

Dans la pratique comment le médecin qui ne dispose ni du temps, ni des moyens de faire un diagnostic microscopique, reconnaîtra-t-il qu'il convient d'administrer ce remède si actif? Le *P. vivax* est le seul qui provoque une hypertrophie notable de la rate. En sorte que le stovarsol est indiqué chaque fois que cet organe est perceptible à la palpation.

A $15^{h}55^{m}$, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}15^{m}$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de janvier 1925 (*suite et fin*).

Les huiles d'animaux marins, par Henri Marcelet. Paris et Liège, Ch. Béranger 1924; 1 vol. 24cm,5. (Présenté par M. A. Haller.)

Les actualités de chimie contemporaine publiées sous la direction de A. Haller, 3e série, par A. Orékoff, P. Pascal, Frédéric Swarts, Ch. Courtot, G. Dupont et R. Locquin. Paris, Gaston Doin, 1925; 1 vol. 18cm,5. (Présenté par M. A. Haller.)

Encyclopédie de Mécanique appliquée. *Horlogerie et chronométrie*, par Jules Andrade. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1924; 1 vol. 23cm,5.

Flore générale de l'Indo-Chine publiée sous la direction de H. Lecomte. Tome troisième, fasc. V : *Composées* (fin), par F. Gagnepain; *Stylidiacées*, par P. Danguy. Paris, Masson et Cie, 1924; 1 fasc. 25cm.

Au pays du champagne; *le vignoble*, *le vin*, par C. Moreau-Berillon. Reims, L. Michaud, 1925; 1 vol. 28cm,5. (Présenté par M. D. Berthelot.)

Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse publiés par la Commission géologique de la Société helvétique des sciences naturelles. *Der Bau der Alpen*, par Rudolf Staub. Berne, A. Francke, 1924; 1 vol. 32cm. (Présenté par M. P. Termier.)

Les notions fondamentales d'élément chimique et d'atome, par Georges Urbain. Paris, Gauthier-Villars et Cie, 1925; 1 vol. 20cm.

A. B. C. mycologique, par Pierre Seyot. Nancy, Édition des arts graphiques modernes, 1924; 1 vol. 24×12,5. (Présenté par M. L. Mangin.)

Ostéites pianiques « Goundou », par Botreau-Roussel. Paris, Masson et Cie, 1925; 1 vol. 25cm. (Présenté par M. F. Mesnil.)

Union internationale de la Chimie pure et appliquée. *Deuxième rapport de la Commission internationale des éléments chimiques; table internationale des poids atomiques.* Paris, 1925; 1 fasc. 27cm.

ERRATA.

(Séance du 24 novembre 1924.)

Note de MM. *M. Bourgeaud* et *A. Dondelinger*, Recherche sur la constante d'affinité de quelques bases organiques :

Page 1159, ligne 11, *au lieu de* ionique négative, *lire* ionique positive; ligne 12, *au lieu de* charge ionique positive, *lire* charge ionique négative.

Page 1160, ligne 6, *au lieu de* $9,3 \times 10^{-21}$, *lire* $9,3 \times 10^{-11}$; ligne 8, *au lieu de* diméthylaniline, *lire* diéthylaniline; ligne 15, *supprimer* III, *reporter* à la ligne 16; ligne 18, *ajouter* III; ligne 32, *au lieu de* éloignée, *lire* éloigné.

Page 1161, ligne 16, *au lieu de* Méthylindanylamine, *lire* Méthyldiindanylamine; ligne 25, *au lieu de* Löventierz, *lire* Löwenherz; ligne 27, *au lieu de* Farmer et Warsh, *lire* Farmer et Warth.

(Séance du 9 février 1925.)

Note de MM. *Fred Vlès* et *Edmond Vellinger*, Propriétés physico-chimiques de la gélatine : le pouvoir rotatoire :

Page 439, ligne 8 de la note, *au lieu de* superficielles à la dissociation, *lire* superficielles liées à la dissociation.

Note de M. *Ch. Lormand*, Analyses d'eaux thermales de Chaudesaigues (Cantal) :

Page 451, ligne 21, *au lieu de*

Fluor F....................	0,01	0,01

lire

Fluor F....................	0,001	0,001

Entre les lignes 27 et 28, *intercaler*

Anhydride carbonique CO^2..	0,76	0,850